TRATTATO

TEORICO E PRATICO

DELL'ARTE

DI EDIFICARE

DI

G. RONDELET

TRATTATO

TEORICO E PRATICO

DELL' ARTE

DI EDIFICARE

DI

GIOVANNI RONDELET

Architetto, Cavaliere della Legione d' onore; Membro dell' Istituto di Francia; Membro onorario del Comitato consultivo delle fabbriche della Corona; Ispettore generale onorario dei Lavori pubblici, e Membro onorario del Consiglio dei Fabbricati civili presso il Ministro dell' Interno; Professore emerito di Costruzione alla Scuola Reale di Belle Arti; Socio dell' Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Lione; Membro onorario dell' Accademia di S. Luca a Roma; Socio libero dell' Accademia Imperiale di Pietroburgo e di molte altre dotte Società.

PRIMA TRADUZIONE

ITALIANA

SULLA SESTA EDIZIONE ORIGINALE

CON NOTE E GIUNTE IMPORTANTISSIME

PER CURA

DI BASILIO SORESINA

SECONDA EDIZIONE

TOMO II.

PARTE SECONDA

MANTOVA

A SPESE DELLA SOCIETÀ EDITRICE

COI TIPI DI L. CARANENTI

MDCCCXXXIII

TRATTATO

DELL' ARTE

DI EDIFICARE

LIBRO QUARTO

MURAZIONE

Per murazione intendesi una costruttura in pietrami, in mattoni o in rottami di queste materie istesse uniti assieme per formare un corpo solido per mezzo di calcina o di gesso o di qualunque altro agente suscettibile di produrre lo stesso effetto. L' arte della murazione è antichissima, poichè nell' interno delle piramidi d' Egitto trovansi riempimenti murati con malta di calce e sabbia.

I Greci attribuivano l' invenzione di tale arte ai Tirreni, dei quali si è già detto parlando della malta di calce; e il gusto per la murazione fece dare a questo popolo il nome di *Filotecnite*.

SEZIONE PRIMA

STABILIMENTO DELLE AREE

In generale sotto il nome di aree s'indicano tutte le superficie piane, rette o livellate per servire a diversi usi. In architettura questo termine si applica più particolarmente ad ogni pavimento, solaio o ter-

razzo, formati o consolidati con opere in pietra, in murazione o con un intonaco qualunque.

I primi lavori in questo genere, e i più considerabili sotto certi rapporti, sono senza contraddizione quelli che eseguirono gli antichi popoli d' Egitto tanto per effettuare il trasporto delle masse enormi che entravano nella formazione dei loro edifici, quanto per istabilire le vie sacre o *dromos* che precedevano da lungi l' ingresso dei loro templi.

Di tutti i lavori dell' Arte di Edificare eseguiti in Egitto, gli argini in pietra sembravano dover essere per loro natura più durevoli; d' altronde l' estrema semplicità della disposizione di essi li rendeva facilissimi a descrivere; e se trovasi la maggiore conformità fra i racconti fatti dagli storici e le traccie di queste opere ancora apparenti alla superficie del suolo, si può inferirne con qualche fondamento l' esistenza di quelli che non si conoscono se non che pei loro scritti, e che le sabbie ammucchiate nascondono oggi alla nostra vista.

Fra gli argini destinati a facilitare il trasporto dei materiali, il più considerevole doveva esser quello costrutto per condurre le pietre che compongono la gran piramide, e il cui stabilimento secondo Erodoto non importò meno di 10 anni di lavoro. » Quest' argine, soggiugne egli, è un' opera non meno considerevole a mio credere » che la piramide stessa, perchè ha cinque stadi di lunghezza (1), » sopra dieci orgie di larghezza (2), ed otto orgie nella maggiore altezza (3). Esso è in pietre levigate, con figure da ambe le parti ».

Strabone descrivendo i *dromos* nell' insieme delle parti che compongono i templi dell' Egitto si esprime in modo che dà di queste vie un' idea di grandezza e di magnificenza non meno sorprendente. » Nell' adito del *Temenos* (recinto sacro) si osserva un suolo selciato la cui larghezza è un mezzo plettro (4), o poco meno, e la » lunghezza tripla e quadrupla ed anche più considerevole in alcuni templi. Esso chiamasi *dromos* (via), come in questo motto di Callimaco: *Ecco il dromos sacro d' Anubi.* In tutta la lunghezza si ele-

(1) 476 tese o 930 metri.
(2) 57 piedi e 3 pollici, o metri 18, decimetri 6.
(3) 45 piedi e 10 pollici, o metri 14, centimetri 88.
(4) 47 piedi ed 8 pollici, o metri 15, centimetri 50.

» vano delle sfingi di pietra distanti l'una dall'altra 20 cubiti e più (1), » e si corrispondono simmetricamente per tutta la larghezza in guisa che esiste un filare di sfingi a destra ed un altro a sinistra (2).

Vedonsi ancora nella pianura di Tebe gli avanzi più o meno conservati di cinque dromos, ove si trovano anche i punti di rassomiglianza e le varietà di misura che Strabone aveva indicato in queste specie di costruzioni. Il più considerevole è quello che si dirige dall'est all'ovest, da Karnak a Lucsor; la sua lunghezza è 2300 metri (circa 1200 tese o una mezza lega), e la sua larghezza 20 metri. Si contano 600 sfingi da ciascun lato di quest'adito.

I dromos erano talvolta fiancheggiati da alberi nella loro lunghezza: tale era quello che si vedeva innanzi al tempio di Mercurio a Bubaste, secondo Erodoto, e la cui lunghezza, dice lo stesso storico, era di tre stadi (3), e la larghezza di quattro plettri (4).

Del resto non pare che gli Egizi abbiano pensato mai a stendere l'applicazione degli aditi selciati ad un sistema generale di comunicazione. Infatti il corso del Nilo ne stabiliva una affatto naturale fra le provincie situate lungo le sue rive; e i numerosi canali scavati con arte e intelligenza grandissima, spandevano in seguito nel seno delle città i prodotti dell'industria e del commercio.

Secondo un passo d'Isidoro di Siviglia (5), citato da Girard, ingegnere in capo dei ponti ed argini, nell'introduzione che precede la sua traduzione delle Memorie sulle grandi vie ecc. di Gerstner (6), converrebbe riferire ai Cartaginesi l'invenzione delle strade selciate. » Così » questo popolo, soggiugne il dotto accademico, i cui navigli percor» revano tutti i mari conosciuti dagli antichi, vollero anche estendere » le sue relazioni commerciali, rendendo più facili le comunicazioni » che aveva aperte col littorale e coll'interno dell'Affrica (7).

(1) 28 piedi e 7 pollici, o metri 9. centimetri 30.

(2) Geografia di Strabone, Libro XVII. Vedi le ricerche di I. B. Gail sui templi d'Egitto, ecc. — Parigi 1823.

(3) 286 tese, o 558 metri.

(4) 63 tese 3 piedi ed 8 pollici, o metri 124.

(5) Isidori Hispalensis episcopi Originum, liber XV, cap. 16.

(6) Memorie sulle grandi vie, strade di ferro, e sui canali navigabili, tradotto del tedesco di F. Gerstner, da Girard membro dell'Istituto. — Parigi 1827.

(7) Il sentiero aperto nelle Alpi dall'armata di Annibale verso l'anno 518 della fondazione di Roma, può dare un'idea del punto a cui questa nazione era pervenuta nell'arte di dirigere le strade in luoghi inaccessibili.

» Secondo ogni apparenza fu dopo aver presa cognizione delle
» vie selciate dei Cartaginesi, che i Romani presero cura a selciare
» essi pure le grandi strade. La via Appia, che è la più antica, non
» fu eseguita infatti che verso l' anno 442 della fondazione di Roma.
» Più tardi ne intrapresero altre attraverso delle varie contrade d' Italia;
» finalmente colla costruzione delle vie militari poterono assicurare e
» render più rapidi i movimenti delle loro legioni nelle diverse parti
» dell' antico continente che avevano ridotto in provincie ».

CAPO PRIMO

DELLE VIE PUBBLICHE E DELLE GRANDI STRADE

ARTICOLO I.

Delle Strade antiche.

Rapporto all'Arte di Edificare, le strade possono essere considerate come aree di varie larghezze e di una indefinita lunghezza, consolidate in modo da formare una superficie solida e durevole, onde facilitare i trasporti e la comunicazione in tutte le parti di un paese.

Non si saprebbe impugnare l'utilità delle strade; e si può dir ancora che quanto è più grande uno stato, più è necessario che sia attraversato da buone strade; e questo fu uno dei mezzi adoperati dai Romani per ingrandire e conservare il loro impero.

L'estensione immensa delle grandi vie costrutte dai Romani (1),

(1) Da Roma uscivano 29 grandi vie militari, alcune delle quali si stendevano fino alle estremità dell'impero. Queste vie erano fiancheggiate da templi, palazzi, bagni, ippodromi, sepolcri ed altri superbi edifici fino alla distanza di cinquanta miglia romane. Si trovavano pure lungo le grandi via militari fabbricati pubblici chiamati *mutationes*, a *mansiones*, nomi che si possono tradurre per case postali a d'alloggio.

Le poste o *mutationes* erano distanti l'una dall'altra 12 in 15 miglia, 18 in 22 chilometri o 4 in 5 leghe da 25 al grado. Vi si trovavano cavalli pei corrieri dello stato, muli, asini, buoi e carri pel trasporto de'bagagli delle armate. Queste case erano d'ordinario situate nei villaggi e borghi aperti, onde tanto di notte come di giorno il servigio potesse farsi con maggior prontezza e facilità.

Gli edifici chiamati *mansiones* servivano ad alloggiare le truppe; la distanza dall'uno all'altro era di 30 in 36 miglia (45 in 54 chilometri o 10 in 12 leghe).

Nicolò Bergier non ha dato una giusta idea dell'estensione delle grandi vie dell'impero romano, non valutando se non due miglia ogni lega di Francia. Fa egli troppo grande il miglio, non ne conteggiando che 62 1/2 ogni grado terrestre d'un cerchio massimo, mentre ne dà 75, e inoltre la quantità di miglia che dà a molte parti di strada antiche non è esatta. Ho pensato che sarebbe utile correggere questi errori, che non diminuiscono per nulla il merito dell'opera, poichè dipendono dallo stato a cui erano giunte le cognizioni geografiche ai suoi tempi. La rettificazione di questi errori è dovuta ai progressi fatti da questa scienza dopo

la durata e la solidità di esse, gli ostacoli che hanno sormontato, eccitarono in ogni tempo la maraviglia e l'ammirazione universale. Nicolò Bergier nella sua Storia delle grandi vie dell' impero romano, attribuisce la causa finale di esse a quattro motivi principali.

Il primo era quello di occupare le truppe in tempo di pace e i cittadini oziosi di ogni provincia, ond'evitare i tumulti, le sedizioni ed altre sommosse che l'inazione e la miseria sogliono produrre; il secondo era per la celerità della corrispondenza fra la capitale e tutte le parti di questo vasto impero; il terzo di facilitare le spedizioni militari ed il trasporto dei bagagli delle armate per qualunque stagione e in tutte le provincie; il quarto infine era la comodità dei viaggiatori e l' utile del commercio.

Importanza presso i Romani del titolo di direttore delle grandi vie; organizzazione speciale dei lavori di esse; risorse applicate a questo servigio; onori decretati ai fondatori e ristauratori delle vie pubbliche.

Presso i Romani la sorveglianza alle opere pubbliche e sopra tutto alle grandi vie, era un impiego assai stimato e cercato dai primi magistrati della repubblica. Giulio Cesare essendo stato nominato *Curator viarum*, cioè direttore delle grandi vie, fece continuare la via Appia. Oltre i denari pubblici assegnati a questa impresa, egli impiegò una somma enorme del suo, e questa fu una delle operazioni che più valse a stabilire il suo credito nello spirito del popolo, di cui essa aumentava la possanza e la gloria.

l' epoca in cui egli viveva, e specialmente alle dotte ricerche di Danville che aveva acquistato per sessanta e più anni di lavori cognizioni profondissime sulla geografia antica e moderna e sulle misure che con essa hanno rapporto.

Secondo la carta dell' impero Romano fatta da quest' ultimo la vera lunghezza di esso, misurate dall' occidente all' oriente sul paralello che passa pel 40.° di latitudine, è due mille novecento cinquanta due miglia romane, 984 leghe da 25 al grado; a secondo Bergier questa lunghezza sarebbe stata di 3751 miglie romane, che egli valuta a leghe 1875 1/2.

La sua larghezza presa sul meridiano di Roma era di 1375 miglia, 458 leghe, e Bergier trovave questa larghezza 2000 miglia, corrispondenti a 1000 legha.

Questo vasto impero era diviso in undici grandi regioni, cioè: L'Italia, la Spagna, le Gallie, le isole Britanniche, l' Illirico, la Tracia, l' Asia minore, il Ponto, l'Oriente, l' Egitto e l' Affrica. Queste regioni erano divise in 113 provincie attraversate da 372 grandi vie, formanti assieme, giusta l' itinerario d' Antonino, una lunghezza di 52964 miglia romane, a 17654 leghe di 25 al grado; ed in misura metrica, 7846 miriametri.

Secondo lo spoglio della Statistica delle strade reali di Francia, pubblicate nel 1824 dal Direttore generale degli Argini e Ponti, la Francia è attraversata da 598 grandi vie, che producono assieme uno sviluppo di 23077 chilometri od 8000 leghe.

Augusto Cesare vedendosi pacifico possessore dell' impero con venticinque legioni che l' ozio poteva corrompere, le impiegò a ristaurare le grandi vie già fatte e a costruirne di nuove. In seguito questo imperatore fece fondere le statue d' argento a lui consacrate dai suoi amici privati e dai popoli dell' impero nell' occasione de' suoi trionfi, e il valore di esse impiegò nella costruzione delle vie pubbliche; inoltre diede alcune vie da ristaurare a quelli che avevano ottenuto gli onori del trionfo, onde una parte delle spoglie dei nemici vinti fossero consacrate ad opere così importanti.

Si trova a Nimes una iscrizione la quale prova che Tiberio fece riparare a sue spese le strade delle Gallie e della Spagna.

Domiziano fece costruire una superba strada che conduceva da Sinuessa a Pozzuoli per una estensione di ventisei miglia romane o 9 leghe, il cui pavimento era di grandi pietre quadrate e di marmo.

L' imperatore Traiano fece riparare e migliorare dovunque le grandi strade, raddrizzandole e sopprimendo le troppo grandi tortuosità che vi si trovavano, rialzando le parti troppo basse ed abbassando quelle che erano troppo elevate. Egli fece costruire molti ponti, ed una strada che attraversava il lago Pontia. L' argine, che aveva più di sedici miglia romane di lunghezza (circa 5 leghe 1/2), era sostenuto da un gran numero d' archi.

Gl' imperatori Adriano, Antonino e Marco Aurelio hanno pur fatto lavorar molto alle strade. Settimio Severo e i suoi figli fecero a proprie spese una strada selciata di grandi pietre presso Roma e restaurarono le strade di Spagna. Caracalla ed Eliogabalo continuarono molte strade nell' interno della Germania.

Le grandi strade e le vie militari dei Romani furono costantemente mantenute con una estrema vigilanza fino al regno di Teodosio il Grande, epoca in cui il romano impero divenne preda di principi ignoranti e barbari, più curanti di dividersi le ricchezze che di vegliare alla conservazione delle strade, che sole potevano perpetuarne la sorgente nelle provincie nuovamente sottomesse al loro dominio.

L' organizzazione di questa parte di lavori pubblici cominciò dal momento in cui Augusto si mise alla direzione delle grandi strade. Egli fu che instituì pretori per vegliare sotto gli ordini dell' imperatore

alla conservazione delle strade in tutto l'impero. Questi pretori avevano altri officiali subalterni per la direzione e la sorveglianza immediata dei lavori. Quelli che lavoravano alle grandi strade si possono dividere in quattro classi: la prima era composta di soldati legionari, la seconda di operai, la terza di abitanti del paese ove passavano le strade e la quarta di schiavi e delinquenti.

I lavoratori e la gente del paese erano comandati dagli officiali delle legioni e gli operai dagli architetti ed ispettori. Essi erano non solo incaricati del pavimento, massicci e rivestimenti, delle sustruzioni, volte e ponti, ma ancora della costruzione dei fabbricati chiamati *mutationes*, e di quelli che servivano ad alloggiare le truppe, indicati sotto il nome di *mansiones*.

La quarta classe composta di schiavi e delinquenti era soggetta ad un doppio lavoro; questi ultimi bollati in fronte erano impiegati ai più duri e perigliosi lavori.

Le spese delle grandi strade si pagavano dai questori dietro gli ordini e mandati dei pretori. Una parte del denaro si traeva dal tesoro pubblico, e l'altra era fornita dagl' imperatori e dai privati.

Le contribuzioni dei privati per riparare le grandi vie erano di tre specie: 1.° quelle si levavano per ordine degl' imperatori; 2.° quelle ordinate dalle leggi; 3.° quelle che erano furnite volontariamente. Nessuno era esente di contribuire a questa spesa: le contribuzioni legali si dividevano in due classi, le une vili e le altre onorifiche.

Le contribuzioni vili consistevano nel lavoro personale che si esigeva dai paesani e dai contadini; dapprima quelli dei senatori furono eccettuati, ma in seguito gli imperatori Onorio ed Arcadio considerando l' immensità delle grandi strade e le spese che esigeva la manutenzione di esse, abolirono ogni specie di esenzione e sottomisero i beni e le possessioni dei più illustri personaggi ed anche i propri alla contribuzione delle grandi vie.

Le contribuzioni onorifiche si levavano in danaro. Molti cittadini ricchi ed affezionati al bene pubblico non si contentavano di soddisfare a quelle contribuzioni cui erano costretti per legge; consacravano inoltre gran parte della loro fortuna a tali specie di lavori. I curatori delle grandi vie hanno sovente fatto fare o riparare grandissime parti di strade a proprie spese, come lo prova un gran numero d'iscrizioni

antiche. Le comunità ed i magistrati delle città hanno frequentemente imitato questo esempio; e si sono talvolta veduti molti ricchi particolari riunirsi per far parti di vie che essi stessi costruivano, o per la costruzione delle quali davano grandi somme.

Altri morendo facevano considerabili legati per essere impiegati a questi lavori, riguardati come opere nobili alle quali gl' imperatori si facevano una gloria di contribuire.

In generale gli antichi Romani avevano la maggiore stima per tutti coloro che contribuivano coi propri denari a costruire o ristaurare le vie pubbliche: essi consacravano la loro memoria con iscrizioni e medaglie, e loro ergevano statue od archi trionfali.

Delle diverse specie di strade usate dagli antichi Romani.

I Romani distinguevano le differenti specie di strade colle parole *via, actus, iter, semita, trames, diverticulum, divortium, callis.*

Via corrisponde alla nostra voce strada; la sua larghezza era di 8 piedi romani, acciò due vetture andando in senso contrario, potessero passare senza urtarsi; sul che devesi osservare che le vetture degli antichi Romani non avevano più di tre piedi di via. Questa larghezza di 8 piedi romani, prescritta dalle leggi delle dodici tavole, non fa che 7 piedi 4 pollici del piede di Parigi, o metri 2, 384 (1).

Actus era una strada fatta pel passaggio di una sola vettura e la sua larghezza era di 4 piedi Romani. Questo nome le venne da una misura di superficie che serviva a misurare i terreni, la cui larghezza era di 4 piedi, e la lunghezza di 120.

Iter era una via per le genti a piedi ed a cavallo, e la sua larghezza non era che di tre piedi. Quella chiamata *semita* o sentiere non aveva che metà della larghezza dell' *iter.* Quando attraversava i campi si chiamava *trames, diverticulum, divortium.*

Callis era un sentiero praticato nelle montagne per condurre al pascolo gli armenti.

Le strade di cui abbiamo poc' anzi parlato erano opere particolari. Circa le grandi vie che attraversavano tutte le provincie del-

(1) Avendo avuto occasione di misurare le traccie delle ruote incavate nel pavimento di molti avanzi di vie antiche, e specialmente a Pompeia, ho riconosciuto che non vi era punto più di tre piedi d' intervallo fra loro.

l' impero, s'indicavano col nome generale di vie militari, consolari o pretoriane, e talvolta anche coi nomi medesimi dei consoli od imperatori che le avevano fatte fare: tali sono le vie *Appia*, *Flaminia*, *Domitia;* ma prendevano anche i nomi delle provincie, come le vie *Latina*, *Tiburtina*, *Campania*, *Prænestina*.

Le grandi vie militari erano d' ordinario divise in tre parti distinte: quella del mezzo chiamata *agger*, argine, era la più elevata; essa era convessa nel senso della larghezza, e talvolta pavimentata con grandi pietre di ogni forma, com' era la famosa via Appia, che si riteneva la più bella e solida delle strade romane.

Da molte vestigia di strade antiche che ho misurato nei contorni di Roma, come delle vie Appia, Latina, Labicana, Tiburtina e Prenestina, risulta che la larghezza della parte selciata, doveva essere di 16 piedi romani (14 piedi ed 8 pollici del piede di Parigi, o metri 4, 768). Questa parte era separata dalle altre due chiamate *margines*, margini, con rialzi o banchette in pietra larghe 2 piedi romani sopra 1 1/2 di altezza (pollici 22 del piede di Parigi, sopra pollici 16 1/2, o millimetri 596 sopra 446), che servivano di sedili ai viaggiatori, e di ritirata ai pedoni per camminare in tempo di pioggia, o quando l' argine e i margini erano troppo ingombri di vetture e di truppe. La parte di mezzo era specialmente destinata per l' infanteria, e i margini pei cavalli e le vetture. La larghezza di ciascun margine era d' ordinario la metà di quella dell' argine intermedio, in guisa che la larghezza totale delle più grandi vie militari non era che da 36 a 40 piedi romani (30 a 36 piedi ed 8 pollici di Parigi, o metri 10 3/4 a 12 metri).

Delle materie onde i Romani formavano le loro strade, della costruzione di esse e dei lavori straordinari per istabilirle in diversi luoghi.

I Romani per la costruzione delle loro strade impiegavano le pietre dure, le lave, le arenarie, i ciottoli, la calce, la sabbia, la ghiaia, la marna, la creta e la terra franca. Il terreno su cui doveva passare la strada, forniva talora i materiali necessari alla costruzione di essa; allora si contentavano di scavare a destra ed a sinistra per estrarli. In altre strade è maraviglioso il vedere che non trovasi nel territorio alcuna delle materie d' onde sono composte, il che fa presumere che vi sieno state portate da luoghi lontani assai, o che per trovarle si dovessero praticare delle fosse profondissime.

Per istabilire le strade in una maniera solida e durevole era loro prima cura, dopo averne tracciata la direzione, quella di livellare ed appianare il suolo in ragione della situazione del paese ch' esse dovevano attraversare; quindi lo battevano fortemente con pilloni di legno ferrati e fatti espressamente, onde procurare ad esso una fermezza uniforme. Su questo suolo ben livellato e ben battuto, si stendevano i diversi strati che dovevano comporre l' aia o massiccio della strada (1), come vedesi nella figura 1 della Tavola LIX. Questi strati erano chiamati, come quelli delle aree, coi nomi di *statumen*, *rudus*, *nucleus*, e *summa crusta* o *summum dorsum;* cioè massiccio, pietrame, nocciuolo e superficie ferrata o copertura. Questi quattro strati formavano insieme uno spessore di 3 piedi od 1 metro.

Nelle grandi vie militari, il primo strato o *statumen*, era formato con uno o due ranghi di pietre piane posate a bagno di malta. Il secondo strato o *rudus*, era formato di una muratura di pietrame ben battuta: su questo strato bene appianato si stendeva il terzo, chiamato *nucleus*, che era una specie di smalto composto di ghiaia mescolata colla calce recentemente estinta. Il pavimento o *summum dorsum*, era posato su quest' ultimo, nel quale s' incassava battendolo.

In molte strade antiche, come l' Appia, la Prenestina, la Tiburtina, la Valeria, il pavimento è formato con grandi pietre o lave turchiniccie tagliate in poligoni irregolari di cinque, sei o sette lati, alcune delle quali hanno 3 piedi e 1/2 di diametro, congiunte perfettamente (2): tale era la costruzione della parte delle grandi strade pavimentate in pietre.

In alcune strade antiche non si trova punto lo strato chiamato *nucleus;* le grandi pietre formanti il pavimento sono immediatamente posate su quello chiamato *rudus*.

La superficie di quelle vie che non erano pavimentate con grandi pietre era formata da uno strato di smalto composto come si è detto di ghiaia mescolata colla calce. Si riservavano i ciottoli più grossi per incassarli poi nello smalto onde formare la superficie superiore chiamata *summa crusta*.

(1) Vedi più avanti, al Capo II, la maniera di fare i massicci per le aie secondo gli ammaestramenti trasmessici da Vitruvio su tale riguardo.

(2) Palladio crede che si servissero di lamine di piombo per prendere esattamente gli angoli ed i contorni delle parti che dovevano accordarsi.

Probabilmente erano costrutte in questa maniera le due altre parti di grandi strade, indicate sotto il nome di *margines*: forse era il di sopra di questo strato quello che formava la superficie di essi, come si vede dalla figura 1, Tavola LIX, nella quale le cifre 1 e 2 indicano due maniere di fare il primo strato detto *statumen*; 3 quello chiamato *rudus*; 4 il *nucleus* formante la superficie superiore delle parti di strade chiamate *margines*; 5 lo spessore del pavimento della parte di mezzo, disposto come quello della via Appia.

Il dotto Bergier, che nella sua opera sulle grandi strade dell' impero romano ha raccolto tutto ciò che gli antichi hanno scritto su tale soggetto, avendo saputo che a Reims e nei contorni esistevano avanzi di strade antiche, curioso di conoscerne l' interna costruzione, fece fare delle fosse per iscoprire tre di queste strade. La prima ebbe luogo nel convento dei Cappuccini di Reims in una parte di palude presso il fiume Vesle: a nove piedi di profondità trovò il suolo su cui era stata stabilita la strada. Dopo aver livellato e battuto tal suolo, si era steso, sopra lo spazio che la strada doveva occupare, uno strato di malta di calce e sabbia bianca grosso un pollice circa: su questo era un massiccio di circa 10 pollici di grossezza, formato di pietre larghe e piane, legate con una malta durissima. Sopra questo massiccio o *statumen* era una murazione in pietrame grossa 8 pollici, la quale corrispondeva allo strato che poc' anzi abbiamo chiamato *rudus*, composto di pietruzze irregolari di qualunque forma, e grosse due o tre pollici: le pietre rotonde che vi si trovavano erano più tenere dei ciottoli comuni, e non davano fuoco coll' acciarino; questo strato era così duro e ben legato che un operaio non poteva staccarne in un' ora se non quanto poteva portare.

Il terzo strato rappresentante quello che si chiamava *nucleus* aveva un piede circa di spessore; ed era formato di una specie di marna cretosa battuta. L' ultimo strato formante la superficie della strada o *summa crusta*, era composto d' uno strato di smalto di sei pollici di spessore; così il massiccio formato da questi quattro strati aveva 3 piedi di spessore.

La seconda fossa fu fatta ad una mezza lega da Reims sopra una antica strada conducente a Châlons, e formava un argine elevato 4 o 5 piedi sopra il suolo; e trovò la via composta d' uno stesso numero di strati come la precedente, e costrutta in egual modo.

La terza fossa si eseguì a tre leghe dalla città stessa sopra una strada antica che conduceva a Mouzon. Il massiccio o *statumen* era formato di due corsìe di pietre piane, come indica il N. 1 della figura 1, la prima delle quali alta 10 pollici, era composta di pietre a bagno di malta, e la seconda che aveva 11 pollici era di pietre posate a secco senza malta. Quest' ultima era coperta d' uno strato grosso 4 in 5 pollici di una specie di terra rossa battuta. Su questo strato ne era un altro grosso 10 pollici, in ismalto composto di ciottoletti rotondi e lisci, la grossezza de' quali variava da quella di un nocciuolo di ciriegia a quella di una noce. Questa specie di ghiaia mista alla calce ed alla sabbia formava una massa durissima ed assai dura.

L' ultimo strato alla superficie della strada era composto di ciottoli più grossi, posati a bagno di malta di calce. Lo spessóre di tutti gli strati formanti questa strada era di 3 piedi e mezzo (1).

Il colore turchiniccio o grigio cupo de' graniti, delle lave, come anche dei ciottoli e d'altre materie impiegate nello smalto che formava la superficie di molte strade antiche, ha fatto dare ad esse talora il nome di strade ferrate, che poi si è particolarmente applicato a tutte le vie non pavimentate ma solo coperte di ghiaia o di pietruzze.

I Romani hanno anche fatto delle strade ove non impiegarono nè calce, nè malta, nè cementi, sostituendo ad esse materie l' argilla, la marna, la creta o la terra franca; ma nella costruzione di esse hanno osservato gli stessi strati come in quelle fatte di murazione, ed avevano cura di batterli assai bene onde offerissero maggior consistenza.

Si può dire generalmente che gli antichi Romani, nella costruzione delle strade, hanno esaurito tutte le risorse dell' arte e dell'industria: nessun ostacolo gli ha arrestati; e pervennero a condur vie attraversanti paludi, stagni, laghi e fiumi, vallate le più profonde, le più alte montagne, e le roccie più scoscese. In Italia presso Urbino si ammira una parte dell' antica via Flaminia, sostenuta da arcate, come indica la figura 3, dalla chiesa di Santa Maria del Ponte, fino ad un luogo chiamato Cagli, un dì *ad Calem*, sotto le quali passava il *Me-*

(1) Ricordo d'aver veduto nella mia giovinezza gli avanzi d' una strada antica a Lione, fuori della porta di Saint-Clair. Essa era formata con uno strato di smalto grosso un piede e mezzo circa. Questi avanzi consistevano in grandi masse lunghe 12 in 15 piedi sopra 4 in 5 di larghezza, composte di ciottoli rotondi, il più grosso de' quali non eccedeva la grossezza di un uovo. La malta che li univa era divenuta così dura, che era impossibile staccarli, e le masse che formavano erano più difficili da rompere che le pietre più dure usate in quella città.

taurus, ora *Metro;* ed i muri di sostegno formati in pietra di taglio hauno una sorprendente altezza. In molti luoghi sono stati costretti a scavare le strade nelle roccie più dure, come vedesi a Piperno ed a Terracina sulla strada da Roma a Napoli. La figura 2 rappresenta questa disposizione. Presso Sistéron, dipartimento delle Basse Alpi, si vede un avanzo di strada antica che Postumo Dardano fece tagliare nella roccia ove fece incidere un' iscrizione che diede a quel luogo il nome di *Petra scripta*. Augusto fece aprire nello stesso modo molte vie nelle Alpi. Quella che attraversava il Monte Cenisio dirigevasi a Lione, d' onde molte altre partivano conducenti nell' interno della Francia. Questa via passava per Susa sotto un arco trionfale vicino a questa città, eretto in onore di Augusto da *Cotius* re d' una parte delle Alpi all' intorno. Di questa via non rimangono più che alcune vestigia ed antichi piloni di ponti in muratura che ne indicano la traccia (1).

Ma molto prima di quest' imperatore, i Cartaginesi condotti da Annibale avevano saputo aprirsi una via a traverso di tali roccie inaccessibili. Il passaggio delle Alpi è sempre stato riguardato a ragione come uno dei fatti più gloriosi di questo valente capitano, e la prontezza con cui lo effettuò, al dire degli storici, non produsse minor maraviglia che la potenza dei mezzi che mise in opera per trionfare dei principali ostacoli. Ecco ciò che Tito Livio riferisce su ciò, nel Libro XXI della sua Storia Romana (2):

(1) Dopo la distruziona di questa strada la comunicazione coll' Italia per tal monte era estremamente difficile e talvolta impraticabile.

Era riservato agl' ingegneri francesi il trionfare di nuovo di tanti ostacoli ed assicurare con lavori bene intesi, del pari che solidamente eseguiti, tanto per questa via, quanto per quella del Sempione comunicazioni facili e pronta al commercio ed all' industria della Francia a dell' Italia. Molte memorie sono state pubblicate su questi importanti lavori; a M. Courtin segretario generale dei Ponti ed Argioi è stato il primo a darne minuto ragguaglio nel suo Quadro delle costruzioni eseguite dopo l' anno 1800. Parigi, Goeury 1812.

(2) Inde ad rupem minuendam, per quam unam via esse poterat, milites ducti, quum cædendum esset saxum, arboribus circa immanibus deiectis detruncatisque, struem ingentem lignorum faciunt, eamque (quum et vis venti apta faciendo igni coorta esset) succendunt, ardentiaque saxa infuso aceto putrefaciunt. Ita torridam incendio rupem ferro pandunt, molliuntque anfractibus modicis clivos, ut non iumenta solum, sed elephanti etiam deduci possent.

La possibilità di questa operazione che si era riguardata come una esagerazione od un racconto popolare si trova giustificata da un fatto citato da M. Gauthier, ingegnere architetto dei Ponti ed Argini, autore di un' opera riputata sulla costruzione delle strade. Egli riferisce in quest' opera » che essendo stato incaricato da M. Arnou intendente generale della marina,

» Indi condotti i soldati a spianar quella rupe, che sola poteva
» aprire il passo, dovendosi spaccare quel macigno, atterrati e diramati
» gli alberi immensi ch' eran d' intorno, alzano una gran catasta di
» legne, e vi appiccano il fuoco, essendosi anche levato un vento atto
» a rinforzarlo, e versato aceto su que' sassi roventi, gli distemprano.
» Così squarciano col ferro quella rupe cotta dal fuoco; e con leg-
» giere svolte addolciscono la calata in modo, che possono discender e
» non solo i giumenti, ma anche gli elefanti.

» di fare una chiusa in fondo alla vallea d' Aure, sotto il villaggio d' Egêt, presso al fondo del
» fiume per farvi passare degli alberi da nave, fece uso dapprima di mina per ispaccare le
» roccie, forandole con punte e caricandole di polvere ecc., il che produceva ottimi effatti. Ma,
» aggiunge egli, un paesano più abile di me, dissemi che se voleva lasciarlo fare, ei leverebbe
» tutte le roccie che io faceva minare, con pochissima spesa e diligenza assai maggiore. Accet-
» tata quest' offerta, il contadino raccolse una dozzina di donne alle quali fece fare de' fasci
» di legna e di frondi; li fece disporre attorno alle roccie che avea cominciato a minare, ed
» appiccarvi il fuoco; quando queste roccie furono bene scaldate, fece gettar acqua sopra di
» esse e si fessero, dovunque con molto strepito ne' punti ov' erano state scaldate, e si separa-
» rono facilmente con pali di ferro ».

Questo mezzo risparmiò molta fatica e l' opera fu fatta più presto. Ricompensò il contadino e lo incaricò di continuare la sua operazione; ma rimarcò che non vi era che una specie di pietra che il fuoco e l' acqua facessero fendere, e l' indica col nome di pietra *fondante;* ed è molto più dura delle più compatte arenarie. L' applicazione del fuoco e dell' acqua non fa nessun effetto sulle roccie ardesiache.

Per tale sperienza conclude che l' aceto che si dice impiegato da Annibale per disciogliere le roccie delle Alpi, dopo averle scaldate, poteva essere inutile, e l' acqua semplice avrebbe potuto produrre lo stesso effetto su questa specie di roccia onde sono d' ordinario coperte le sommità delle Alpi e de' Pirenei.

ARTICOLO II.

DELLE STRADE MODERNE

Delle diverse specie di strade indipendentemente dalla situazione.

Le strade possono essere situate in quattro maniere diverse in ragione della posizione dei paesi che attraversano:

1.° Nei paesi piani o che offrono poca sinuosità, la superficie può essere appianata e diretta secondo le linee che seguono i movimenti del piano, cioè ad un piede o due di elevazione per facilitare lo scolo delle acque. Quelle delle quali dettaglieremo la costruzione sono supposte situate in questa maniera.

2.° Nei paesi bassi e paludosi lo stabilirle esige preparazioni particolari e maggiore elevazione dal suolo.

3.° Nei paesi montuosi ove le vie hanno bisogno di essere alternativamente incavate profondamente nel suolo o sostenute ad una grande altezza sopra le valli, precipizi, torrenti o fiumi, onde mantenere il livello di esse o l' uniformità della inclinazione.

4.° Quando sono situate sulla costa, sul pendio delle colline, delle montagne e lungo le roccie senza scarpa.

A queste quattro posizioni si possono aggiugnere le strade forate attraverso delle montagne, come le vie sotterranee dell' antica Tebe d' Egitto e di Babilonia; il foro che Vespasiano fece fare sotto l'Appennino per prolungare la via Flaminia; la strada che andava da Baia a Cuma; quella che esiste ancora per comunicare da Napoli a Pozzuoli, perforato sotto il monte Posilipo la cui lunghezza è 363 tese, metri 707 1/2 circa, sopra 6 metri di larghezza e presso a poco 16 di altezza.

Le precauzioni da prendere per istabilire le vie dipendono tanto dalla natura del suolo come dalla situazione di esse. Si giugne a consolidare il suolo quando non ha una sufficiente solidità, battendolo, o con altri mezzi, come le palafitte, le piatteforme di legname, le

incassature, i muri di rivestimento, le sustruzioni, gli speroni, le volte, gli archi dei ponti, ed altre opere delle quali si parlerà nel Libro nono.

Abbiamo veduto quanta importanza mettevano i Romani nella costruzione delle loro strade, e che nulla trascuravano per renderle ferme e solide. Quelli che in esse hanno rimproverato la poca larghezza non hanno fatto attenzione che le vetture non occupavano lo spazio delle nostre, come abbiamo detto precedentemente, e che i centri delle loro ruote non avevano quasi veruno sporto. Due vetture simili potevano facilmente passare senza urtarsi in una strada larga 8 piedi romani (7 piedi e 4 pollici, metri 2, 38) perchè la via delle ruote non era che 3 piedi (centimetri 89) mentre quella delle nostre ha dai 4 fino ai cinque (13 fino a 16 decimetri) indipendentemente dallo sporto degli assili, che nelle grosse vetture giugne fino ad 1 piede, (centimetri 32 1/2) in guisa che occorrono almeno 7 piedi 1/2 (metri 2, 44) pel passaggio di una sola vettura, cioè più del doppio di ciò che esigevano quelle degli antichi. Così le grandi strade militari dei Romani che avevano 36 a 40 piedi di larghezza erano relativamente alle loro vetture ciò che sono le più ampie strade moderne di 60 a 72 piedi, poichè poteva passarvi lo stesso numero di vetture (1).

Le grandi vie degli antichi sono osservabili per la solidità della costruzione e quelle dei moderni per la estrema larghezza. Ma quando si confronta il carico enorme delle nostre vetture con quello di cui erano suscettibili le antiche, bisogna dire che le nostre grandi strade dovrebbero piuttosto sorpassare le loro grandi vie in solidità che in larghezza. Per far vedere la necessità di dare a tutte le parti delle nostre strade una fermezza uniforme, capace di resistere in ogni tempo al ruotare delle vetture, basta dire che il carico di una vettura a due ruote va fino a sei migliaia di libbre e quello delle vetture a quattro ruote è almeno di dodici.

Così stando le cose, l' arte è nella impossibilità di stabilir vie ca-

(1) Nicolò Bergier si è pure ingannato allorchè disse alla fine del terzo libro della sua Storia delle grandi strade dell' impero Romano, che le grandi vie militari avevano 60 piedi di larghezza. Tale errore fu prodotto forse dall' osservazione di avanzi di strade antiche scoperti nella Campania, le cui superficie era formata con uno strato di smalto: immaginò egli che queste strade, che avevano circa 20 piedi di larghezza, potessero essere i margini di alcune grandi vie il mezzo delle quali fosse pavimentato. Allora supponendo la parte selciata eguale ai margini ne sarebbe risultato una larghezza di 60 piedi: ma tale supposizione non è appoggiata a nessuna prova.

paci di resistere ad un simile servigio, perchè indipendentemente dalla spesa delle costruzioni preparatorie alle quali converrebbe ricorrere, l' azione distruttiva che esercita di continuo sulle vie l' attrito delle carreggiature così enormi, è anche fuori di ogni misura colla resistenza delle materie che si possono impiegare a fabbricarle. Perciò pensiamo, con tutti quelli che hanno scritto su questo argomento, che gli sforzi di una amministrazione vigilante essendo ormai impotenti contro tali cause di guasti, sta alla saggezza del governo il prendere misure conservatrici reclamate da gran tempo, per l' aumento del danno sempre crescente e delle spese di manutenzione che ne conseguono.

Nelle strade moderne non vi è di solido realmente che la parte selciata o l'argine, indicata A nelle figure 4, 5 e 6, specialmente quando si può procurare come nei contorni di Parigi una materia tanto propria a quest' uso com'è il gres duro che si taglia facilmente.

I due margini o marciapiedi segnati B, figure 4 e 5, non sono d' ordinario formati che di terre rialzate provenienti dalle fosse incavate lungo le grandi vie per lo scolo delle acque piovane e per separarle dalle proprietà particolari. Si può ben coprire la superficie di queste terre con ghiaia o con pietruzze, ma siccome non hanno abbastanza fermezza vi si fan tosto degl' incavi, ed essendo le terre suscettibili d' imbeversi d' acqua, quando ne sono penetrate tali parti di strade divengono impraticabili dopo le pioggie specialmente in inverno e molto incomode in estate a causa della polvere.

Sarebbe molto meglio dare ai marciapiedi soltanto la metà di larghezza della parte selciata, come facevano gli antichi, e farli più solidi.

È certo che le grandi vie ben fatte e conservate non avrebbero bisogno di maggiore larghezza delle grandi vie di Parigi; perchè non vi è luogo in cui si trovi maggior concorso di vetture, di cavalli e di pedoni. Le più grandi e le più battute di queste strade non hanno però che 5 o 6 tese di larghezza, mentre vi sono vie che hanno fino a 10 in 12 tese.

Riducendo la larghezza delle strade maggiori a 6 tese o 12 metri, quando fossero divise in tre parti sulla larghezza, quella del mezzo che deve sempre essere selciata o di arenarie o in pietre o in ciottoli, avrebbe 15 o 18 piedi di larghezza (5 o 6 metri) e il di più pei margini o marciapiedi.

È evidente che il vero mezzo di pervenire a formare solide

strade che possano resistere al ruotare delle grosse vetture, deve essere quello di farle di conveniente fermezza.

È pure evidente che il vero mezzo di riuscire sarebbe quello di formare de' massicci di murazione come facevano gli antichi Romani; ma le spese eccessive che importerebbe tal mezzo lo rendono attualmente impraticabile. Conviene adunque limitarsi a supplire nel modo più vantaggioso, con la combinazione e la disposizione delle materie che si possono avere, onde formare un massiccio od area che abbia una solidità conveniente.

Considereremo dapprima la formazione di questo massiccio indipendentemente dalla natura del suolo o terreno su cui deve essere stabilito, che supporremo naturalmente solido o stato consolidato.

Le materie onde si possono fare i massicci delle strade, sono le terre, le marne, le crete, le argille, la sabbia, la ghiaia, i ciottoli, i gres, le pietre dure o tenere, i ritagli o pietruzze ed i rimasugli.

Queste diverse materie, collocate in modo conveniente, possono formare senza soccorso di malta un' area bastantemente solida per resistere al carriaggio, benchè sia meno solido e durevole del massiccio in murazione.

La solidità in questa specie di lavori dipende dall' avvicinamento delle parti che le compongono, dalla durezza di esse, dalla forma e dal volume. Così i cubi di gres di un certo volume possono formare indipendentemente dalla malta una superficie solida posandole sopra una forma di sabbia stesa su di un fondo ben consolidato, e unendo bene le commessure, come lo prova il pavimento di Parigi e delle strade principali; ma siccome l' esperienza ha fatto conoscere che tale solidità diminuiva in ragione del volume dei pezzi, si è fissata questa grandezza per le contrade e le grandi vie ad 8 in 9 pollici o 22 in 25 centimetri per ogni verso.

Le pietre dure, piane ed irregolari, e di maggior volume, disposte come quelle degli antichi, produrrebbero una maggiore solidità, specialmente pei pavimenti in sabbia, perchè secondo questa disposizione indicata dalle figure 1 e 2 della Tavola LIX, ogni pietra è inchiavata in modo che essendo levata non importa la disunione delle altre.

Le pietre o ciottoli di mediocre volume non sono abbastanza trattenuti dalla sabbia; quando non si può fare altrimenti conviene preferire nella loro disposizione quello dell' *opus incertum*, anche pei ciot-

toli, imitando le murazioni indicate dalle figure 2 e 3 della Tav. LXI.

Se si adoprano pietruzze o ghiaia non si otterrà poi una superficie solida e praticabile che mischiandole colla calce recentemente estinta per fare una specie di smalto, che si avrà cura di ben comprimere, dell' altezza di 16 centimetri.

Quando le ghiaie, pietruzze o ciottolini non sono legati da una malta o cemento qualunque formano nei primi tempi una strada penosa pei cavalli, per le vetture e pei pedoni; ma nondimeno l' azione replicata del carreggiare opera alla lunga una forte coesione fra queste materie, in causa del mescolarsi sotto il peso e della pressione che esercitano le ruote su tutta la massa. Allora queste strade acquistano al più alto grado le condizioni essenziali della carreggiabilità, ed una manutenzione regolare può prolungarne la durata oltre ogni limite. Ma questi diversi mezzi non potrebbero mai equivalere ad una strada selciata specialmente per le vie esposte al passaggio continuo delle vetture cariche pesantemente.

Circa ai margini o marciapiedi converrebbe che fossero sostenuti dalla parte dei fossi con muri di costruttura o piuttosto in pietre secche per dar esito alle acque che avrebbero potuto penetrare e rendere con tal mezzo più asciutta la parte superiore. Questi muri servirebbero pure a contenere le materie che debbono comporre la strada.

Dopo aver eguagliato e consolidato il piano su cui deve passare la strada, si formerà di diversi strati. Pel primo si sceglieranno le pietre, i ciottoli o pietruzze del maggior volume, le quali si disporranno in modo che questo strato sia di maggior grossezza e ben munito. Su questo strato si stenderà un letto di terra franca di circa 4 a 5 pollici di grossezza (10 in 13 centimetri 1/2) che si eguaglierà, e dopo averlo ben battuto se ne formerà un altro di pietre meno grosse e così di seguito in ragione della grossezza che si vuol dare alla strada. Il numero degli strati non deve essere meno di tre. Tutti questi strati, eccetto l' ultimo, devono stendersi su tutta la larghezza della strada; e l' ultimo, che si unirà col pavimento, sopra i due margini soltanto. Quest' ultimo dopo averlo battuto si coprirà di sabbia.

Se per qualche motivo particolare si volesse fare una strada solida e durevole al pari di quelle degli antichi Romani, che non fosse soggetta nè al fango nè alla polvere, dopo aver fatto la massa della strada come si è detto, si formerà la superficie de' marciapiedi in ismalto, e quella del mezzo in selciato.

Il metodo di costruire le strade a strati alternativi di pietra e di terra è quello che meglio conviene, quando per formarle non si può adoperare nè pavimento, nè massiccio di murazione. Queste vie ben fatte sarebbero solide, durevoli e soggette a poca manutenzione. Si potrebbe a tale scopo adoperare un carretto proposto da un giornale inglese. Esso è composto di due cilindri vuoti di ferro fuso, fortificati all' interno da due forti tavole dello stesso metallo che s' incrociano al centro ad angolo retto ove sono attraversate da un asse di ferro aggiustato in un telaio che forma il letto del carretto; e si può mettere su questo tutto il peso che si vuole. Per diminuire l' attrito, i capi dell' asse girano nei fori quadrati. Questi cilindri hanno due piedi di diametro e due 1/2 di lunghezza, e facendoli ruotare di tempo in tempo sulle strade che non sono selciate, dopo la pioggia e sopra tutto dopo il gelo, le appiana, le consolida e distrugge gl' incavi delle ruote. Dietro ciascun carretto è un ingegno atto a staccarne le pietre che vi si potrebbero attaccare. Il corpo del carretto non essendo elevato che di due piedi e 1/2, e facilissimo da caricare, può essere trascinato da uomini e da cavalli secondo la necessità di caricarlo più o meno.

Se la strada è troppo maltrattata, si faranno riempire gl' incavi di pietruzze ricoperte di sabbia.

Di tutte le opere relative a stabilire le strade non si è parlato in quest' articolo se non di quanto concerne la via propriamente detta o l' argine. Le costruzioni preparatorie che possono occorrere alla loro costruzione traverso le paludi e gli stagni, nelle montagne e in mezzo ai precipizi, rientrano naturalmente nella classe delle opere di fondazione di cui si parla nella seconda sezione del nono Libro.

NOTA

SULLE DIVERSE SPECIE DI STRADE A ROTAIE (1).

Strade a rotaie strette.

» Non si conoscono che tre specie diverse di strade a rotaie. La » più antica maniera di farle, e la più usata generalmente, consiste » nel formare con barre di legno o di ferro le linee sulle quali deb- » bono poggiare le ruote dei carri. Queste ruote sono munite da ogni » parte di un risalto formante un incavo nel quale s' interna la » barra il che le mantiene nella via. Questo genere di strada però si » distingue col nome di strada a rotaie strette essendo strettissime » e spesse le barre di ferro che la formano.

» Queste strade sono state dapprima costrutte in legno pel tra- » sporto dei carboni, dalle miniere dei contorni di Newcastle fino » alle rive del fiume Tyne. Talvolta si ricoprivano di bande di ferro » nelle parti più esposte al deperimento. Adottando poi il ferro fuso » invece del legno, si è conservato nello stesso distretto lo stesso ge- » nere di ruote e la stessa forma di costruzione per le barre, » colla sola differenza che ha potuto importare l' impiego di una nuo- » va materia.

. . . .

» Ecco qual è la costruzione delle strade di ferro più bene in- » tese, sulle rive della Tyne e della Wear. I carri ruotano sul margine » rotondato della barra, che è unita e regolare quanto ha permesso » la fusione. La comune lunghezza delle barre è di tre piedi inglesi, » alquanto più di centimetri 91; lo spessore nel mezzo, è di circa » 114 millimetri, e la larghezza del margine è di 50 centimetri; tal- » volta le barre hanno quattro piedi inglesi, o un poco più di 12 de-

(1) Non avendo mai potuto osservare nessun lavoro di questo genere hò estratto i seguenti dettagli sullo stabilimento delle strade di ferro dal Trattato speciale pubblicato su tale soggetto da Tredgold ingegnere inglese, secondo le traduzione fattane da M. Duverne, antico officiale della marina reale, e Cavaliere di S. Luigi. — Perigi, Bachelier, 1826.

La precisione e la riserva colle quali si esprime l' autore sui risultati finora ottenuti con tal mezzo di comunicazione, rendono interessantissimo questo scritto. Vi si trovano i più minuti dettagli sull' insieme di simili intraprese; le altre parti poi spettano più alle meccanica che all' arte di Edificare.

» cimetri di lunghezza. Le estremità delle barre si uniscono in un
» pezzo di ferro fuso che si chiama sedimento, il quale è fissato in
» massi di pietra a base molto larga, pesanti dai 75 ai 100 chilo-
» grammi. Questi massi sono solidamente posati nella terra e conve-
» nientemente disposti a seconda della forma della strada, prima che
» si collochi il sedimento in ghisa. La bontà della via dipende molto
» dalla solidità che si dà ai massi di pietra.

. . . .

» Le strade a rotaie strette convengono particolarmente ai lavori
» permanenti. La costruzione di esse non permette alle vetture co-
» muni di viaggiarvi; e sopra ogni fatta di strade di ferro ove possono
» essere impiegate queste vetture fanno necessariamente più male alla
» superficie di ferro su cui si muovono, che non offrono di utile in
» compenso: è poi verosimilissimo che queste strade non possano es-
» sere tenute in buono stato più facilmente che le altre.

Strade a rotaie piane.

» La seconda specie di strade a rotaie differisce dalla prima in
» questo che i rialzi invece di essere applicati alle ruote sono ai lati
» delle barre di ferro o bande formanti le rotaie. Essa ha il vantaggio
» di poter servire ai carriaggi che si adoprano nelle vie comuni. Le
» strade di questa specie si dicono a rotaie piane, *tram-roads* . . . . . .

» Le barre formanti questa specie di rotaie sono sempre state
» fatte in ferro fuso. È vero che si sono impiegate e che pure s'im-
» piegano ancora tavole di legno per un servigio analogo, ma non si
» possono punto considerare come formanti una strada a rotaie. Co-
» munque sia, le rotaie piane sono assai convenienti per un servigio
» temporario e nella forma ordinaria di esse; se ne servono molto
» nelle miniere per la costruzione delle nuove strade o di quelle dei
» canali, pel trasporto delle pietre di taglio e di mille altri oggetti.

» Le barre formanti d'ordinario queste specie di rotaie sono di
» una forma debolissima relativamente alla quantità di ferro che vi
» entra; in alcuni punti si è giudicato necessario di rinforzarle con
» una banda al di sotto; ed è appunto con rotaie duplicate in tal
» modo che si fanno le riparazioni delle via a rotaie piane del Surrey.
» Questo rinforzo le rende certamente più adatte a resistere che qua-

» lunque altra forma di costruzione da noi conosciuta. Siccome le ro-
» taie piane possono essere impiegate con grandissimo vantaggio a for-
» mare le strade per un servigio temporario è importante cosa il far
» conoscere il mezzo più conveniente e spedito di stabilirle sul ter-
» reno. Quello che si usa più comunemente consiste nel fissarle con
» chiodi o cavicchie sopra traverse di legno. Il grande inconveniente di
» questo metodo sta nella difficoltà di profondare i chiodi e strapparli
» poi quando si vuol cambiare la strada.

» Quando la via dev' essere permanente se ne fissano d' ordinario
» le rotaie con grandi chiovi che si piantano in pezzi di legno fatti
» entrar prima ne' massi di pietra destinati a sostenere le rotaie.

Strade di ferro ad una sola rotaia.

» Il terzo metodo consiste nel fare una sola linea per le vetture
» a due ruote. Le barre che formano la strada sono elevate sulla superfi-
» cie del suolo, e la vettura vi si trova come sospesa. Questo metodo è
» nuovo e puossi sperare che offrirà molti vantaggi.

» L' idea di questa strada, inventata da M. Palmer, è nuova ed
» ingegnosa. La vettura è portata sopra una rotaia unica, o piuttosto
» sopra una linea di barre di ferro, elevate 91 centimetri sopra il li-
» vello del suolo, ed appoggiata a piloni posti all' eguale distanza di
» circa tre metri l' uno dall' altro. La vettura consiste in due reci-
» pienti o casse sospese ai due lati della via ad una forma di ferro
» con due ruote di 30 pollici circa di diametro. I cerchi delle ruote
» sono concavi ed abbracciano esattamente la convessità delle barre
» formanti la via; e il centro di gravità della vettura, sia essa vuota
» o piena, si trova collocato sì bene sopra il margine superiore della
» via, che le due casse restano in equilibrio, e il loro carico può
» essere molto diverso senza che ne risulti verun inconveniente, es-
» sendo di 100 millimetri circa la larghezza della via che loro serve
» come di appoggio. Le barre sono pur fatte in modo di poter acco-
» modarsi ed essere mantenute diritte ed unite.

» I vantaggi di questo modo sono di rendere lo sfregamento la-
» terale meno considerevole che nel sistema a rotaie strette; di di-
» fender meglio la strada dalla polvere o da qualunque altra materia
» che può arrestare il cammino delle vetture; finalmente quando la

» superficie del terreno fa molte ondulazioni, di permettere l' esecu-
» zione della strada senza dover scavare per metterlo a livello, oltre
» a quanto è necessario per render praticabile il sentiero nel quale
» cammina il cavallo che trascina la vettura ».

Per raccogliere più succintamente che è possibile tutti i vantaggi che può presentare al commercio ed all' industria lo stabilimento delle strade di ferro, termineremo quest' estratto colla Tavola fatta dall' autore per mostrare l' effetto d' una forza di traimento di 50 chilogrammi, a diverse velocità, sopra un canale, sopra una strada di ferro, e su una via ordinaria.

TAVOLA dimostrante l' effetto di una forza di traimento di 50 chilogrammi, a diverse velocità, sopra un canale, sopra una strada di ferro e sopra una strada comune.

VELOCITÀ		Peso mosso da una forza di traimento di 50 chilogrammi					
		Sopra un canale		Sopra una strada di ferro orizzontale		Sopra una strada comune orizzontale	
Chilometri per ora	Metri per secondi	Massa totale mossa	Effetto utile	Massa totale mossa	Effetto utile	Massa totale mossa	Effetto utile
		chilogrammi	chilogrammi				
4	1,11	27719	19678	7200	5400	900	675
4,8	1,33	19250	13790	7200	5400	900	675
5,6	1,55	14142	10059	7200	5400	900	675
6,4	1,78	10828	7687	7200	5400	900	675
8	2,22	6928	4920	7200	5400	900	675
9,6	2,66	4812	3414	7200	5400	900	675
11,2	3,11	3536	2508	7200	5400	900	675
12,8	3,55	2645	1917	7200	5400	900	675
14,4	4	2138	1514	7200	5400	900	675
16	4,44	1732	1225	7200	5400	900	675
17,6	4,88	949	675	7200	5400	900	675

» Questa Tavola fa vedere che quantità d' effetto puossi produrre
» con una stessa forza di traimento a diverse velocità, sopra un ca-
» nale, una strada di ferro ed una strada comune. I cangiamenti di
» livello che si fanno nei canali col mezzo delle chiuse possono esser
» considerati equivalenti alle salite ed alle discese nelle strade di ferro
» e nelle grandi vie. Il carico aggiunto al peso del battello o della

» vettura che le porta, forma il totale della massa messa in moto: il
» solo peso costituisce l'effetto utile.

. . . .

» La forza di traimento sopra un canale varia come il quadrato
» della velocità; ma la potenza meccanica per mettere in moto il bat-
» tello aumenta come il cubo della velocità. Sopra una strada di ferro
» ed una strada ordinaria la forza di traimento è costante, ma la po-
» tenza meccanica necessaria per mettere in moto la vettura aumenta
» nel rapporto della velocità ».

CAPO SECONDO

DELLE AREE E PAVIMENTI INTERNI

PRESSO gli antichi lo stabilimento delle aree consisteva in massicci di murazione composti di più strati, disposti presso a poco nella stessa maniera, tanto per ricevere i pavimenti dei loro edifici come per formare le grandi vie. In Vitruvio trovasi una descrizione dettagliatissima sulla formazione delle aree, che qui porremo tutta intera. Ecco come si esprime a tale riguardo nel Capo I del settimo Libro (1):

(1) Primumque incipiam de ruderatione; quæ principia tenet expolitionum, uti curiosius summaque providentiæ solidationis ratio habeatur.

Et si plano pede erit ruderandum, quæratur solum si sit perpetuo solidum, et ita exæquetur, et inducatur cum statumine rudus: si autem omnis, aut ex parte, congestitius locus fuerit, fistucationibus cum magna cura solidetur.

In contignationibus vero diligenter est animadvertendum, ne, qui paries non exeat ad summum, sit extrectus sub pavimentum, sed potius relaxatus supra se pendentem habeat coaxationem. Cum enim solidus exit, contignationibus arescentibus aut pandatione sidentibus, permanens structuræ soliditas dextra ac sinistra secundum se facit in pavimentis necessario rimas.

Item danda est opera, ne commisceantur axes esculini quernis, quod querni simul humorem perceperunt, se torquentes rimas faciunt in pavimentis. Sin autem esculus non erit, et necessitas coegerit propter inopiam uti quernis, sic videtur esse faciundum, ut secentur tenuiores: quo minus enim valuerint, eo facilius clavis fixi continebuntur. Deinde in singulis tignis extremis partibus axes, binis clavis figantur, uti nulla ex parte possint se torquendo angulos excitare. Namque de cerro, aut fago seu farno, nullus ad vetustatem potest permanere.

Coaxationibus factis, si erit, filex, si non, palea substernatur, uti materies ab calcis vitiis defendatur. Tunc insuper statuminetur ne minore saxo quam quod possit manum implere. Staturninationibus inductis rudus si novum erit, ad tres partes una calcis misceatur; si redivivum fuerit, quinque ad duum mixtiones habeant responsum. Deinde rudus inducatur et vectibus ligneis, decuriis inductis, crebriter pinsatione solidetur, et id pinsum absolutum non minus crassitudine sit dodrantis.

Insuper ex testa nucleus inducatur, mixtionem habens ad tres partes unam calcis, ne minore sit crassitudine pavimentum digitorum senum.

Supra nucleum ad regulam et libellam exacta pavimenta struantur sive sectilia, seu tesseris.

Cum ea extructa fuerint, et fastigia extructiones habuerint, ita fricentur, uti si sectilia sint, nulli gradus in scutulis, aut trigonis aut quadratis seu favis extent, sed coagmentorum compositio planam habeat inter se directionem.

Si tesseris structum erit, ut eæ omnes angulos habeant æquales, nullibique a frictura extantes: cum enim anguli non fuerint omnes æqualiter plani, non erit exacta, ut oportet, fricatura.

» Comincierò a parlare della ruderazione ch' è la prima di tut-
» te le politure, affinchè con molta diligenza ed accuratissimo prov-
» vedimento si ottenga l' effetto della sodezza. Che se dovrà farsi la
» ruderazione a piepiano, cercato prima se tutto il suolo sia solido,
» si spiani ben bene, e sopra col primo strato distendasi il calcinac-
» cio: se tutto o in parte il luogo sia molle, con fistuche accuratis-
» simamente si assodi.

» Nelle travature poi deesi diligentemente avvertire che non sia
» costrutto sotto il pavimento alcun muro, il quale non esca fuori al
» di sopra; ma piuttosto rilasciato abbia sopra di sè il solaio. Perchè
» quando esce solido il muro, disseccandosi le travature, o piegando
» sopra di sè, e durando la sodezza del muro, a destra e a sinistra
» del medesimo nei pavimenti si faranno necessariamente fessure. Pa-
» rimente si deve aver cura che non siano meschiate le tavole d' ischio
» con quelle di quercia, perchè le tavole di quercia tosto che
» ricevono l' umido, ritorcendosi fanno fessure ne' pavimenti. Che
» se non si potesse aver ischio, e la necessità della mancanza obbli-
» gasse a far uso di querce, si dovrà fare che sieno segate sottili: per-

Item testacea apicata tiburtina sunt diligenter exigenda, ut non habeant lacunas nec extantes tumulos, sed sint extenta et ad regulam perfricata. Super fricaturam, levigationibus et polituris cum fuerint perfecta, incernatur marmor, et supra loricæ ex calce et arena inducantur.

Sub dio vero maxime idonea facienda sunt pavimenta, quod contignationes humore crescentes aut siccitate decrescentes seu pandationibus sidentes movendo se faciunt vitia pavimentis: præterea gelicidia et pruinæ non patiuntur (ea) integra permanere.

Itaque si necessitas coegerit, ut minime vitiosa fiant, sic erit faciundum. Cum coaxatum fuerit, super altera coaxatio transversa sternatur, clavisque fixa duplicem præbeat contignationi loricationem; deinde ruderi novo tertia pars testæ tunsæ admisceatur calcisque duæ partes ad quinque mortarii mixtionibus præstent responsum.

Statuminatione facta, rudus inducatur; idque pinsum absolutum ne minus pede sit crassum. Tunc autem nucleo inducto, uti supra scriptum est, pavimentum a tessera grandi circiter binum digitum cæsa struatur, fastigium habens in pedes denos digitos binos; quod si bene temperabitur et recte fricatum fuerit, ab omnibus vitiis erit tutum.

Uti autem inter coagmenta materies ab gelicidiis ne laboret, fracibus quotannis ante hyemem saturetur; ita non patietur in se recipere gelicidii pruinam.

Sin autem curiosius videbitur fieri oportere, tegulæ bipedales inter se coagmentatæ supra rudus substrata materia collocentur, habentes singulis coagmentorum frontibus excisos canaliculos digitales, quibus junctis impleantur calce ex oleo subacta, confricenturque inter se coagmenta compressa. Ita calx, quæ erit hærens in canalibus, durescendo, non patietur aquam neque aliam rem per coagmenta transire. Cum ergo fuerit hoc ita perstratum, supra nucleus inducatur, et virgis cædendo subigatur supra autem sive ex tessera grandi, sive ex spica testacea struantur, fastigiis quibus est supra scriptum; et, cum sic erunt facta, non cito vitiabuntur.

» chè quanto meno saranno forti, tanto più facilmente si terranno
» ferme co' chiodi. Inoltre in ciaschedun trave all' estremità delle ta-
» vole si piantino due chiodi, affinchè d' alcuna parte gli angoli col
» torcersi non si possano sollevare. Quanto al cerro ed al faggio, os-
» sia farno, non può nè l' uno, nè l' altro lungamente durare.

» Fattosi il tavolato, se ve n' ha, sparpaglisi felce, in difetto di
» paglia, affinchè la materia sia dai guasti della calce difesa. Poi si
» tiri al di sopra uno strato di sassi, ciascheduno non minore di quan-
» to possa capire una mano. Fatto lo strato, si ruderi: se il rudere
» sarà recente con tre parti dello stesso se ne mescoli una di calce;
» se sarà rinnovato, le mescolanze sieno in ragione di cinque a due.
» Indi si livelli il rudere, e con bastoni di legno da buon numero di
» gente con ispessi ed unanimi colpi s' induri in modo, che, finito di
» battere, non resti lo strato di grossezza minore di nove once. Al di
» sopra si stenda il nucleo di cotto, la mistura del quale abbia tre
» parti di esso ed una di calce, talchè il pavimento non abbia men
» di sei dita di grossezza. Sopra il nucleo si facciano esattamente i
» pavimenti a squadra e a livello o di ritagli o di tessere. E quando
» saranno costrutti, se le strutture avessero qualche prominenza si
» sfreghino per modo, che, se sieno di ritagli, non vi rimangano ri-
» lievi di sorta ne' pezzetti o triangolari o quadri o incavati; ma le
» commessure si combacino in un piano perfetto tra loro. Che se la
» struttura sarà di tessere, abbiano queste tutti gli angoli così aggua-
» gliati, che non isporgano in su dalla spianatura: perchè se gli an-
» goli non saranno spianati con perfetta uguaglianza, non sarà esatta
» come conviene la sfregatura.

» Così il mattone spigato di Tivoli si dovrà scegliere con gran
» diligenza, acciocchè non abbia nè lacune, nè rilievi, ma ciaschedun
» pezzo sia piatto e fregato a squadra. Sopra la fregatura, quando
» sarà il pavimento a forza di levigare e di pulire perfezionato, si cri-
» bri il marmo, e vi si tiri sopra una lorica di calce e di arena.

» Allo scoperto poi i pavimenti devono farsi con ancor maggiore
» esattezza, perchè le travature o gonfiandosi per umidità, o calando
» per arsura, o ripiegandosi in sè medesime, nello slogarsi fanno sì
» che i pavimenti riescano difettosi: oltre a ciò i gelicidi o le brine
» non permettono che lungamente durino interi; sicchè se la necessità
» lo comanda, perchè riescano con meno difetti che sia possibile, è

» da farsi in questa maniera. Quando si avrà finito di tavolare, si di-
» stenda al di sopra trasversalmente un altro tavolato, il quale affisso
» coi chiodi dia alla travatura una duplice guarnitura; poscia con ru-
» dere nuovo si mescoli una terza parte di mattone pesto, e due quinte
» parti di calce stiano in ragione delle misture del mortaio.

» Disposto lo strato, si getti sopra il rudere, e poi si pesti finchè
» rimanga non meno grosso di un piede. Allora adattatovi il nucleo
» (come fu scritto di sopra) si fabbrichi il pavimento di tessere ta-
» gliate della grandezza di circa due dita, ed abbia un' elevazione di
» due dita in dieci piedi: che se verrà impastato e fregato a dovere,
» sarà immune da tutti i difetti. Affinchè poi fra le commessure la
» materia non patisca pei gelicidi, dovrà essere ogn' anno prima del-
» l' inverno imbevuta di feccie d' olio; e così non lascierà penetrare
» internamente il freddo umore del gelicidio. Che se converrà usare
» ancora maggior attenzione, stesavi sopra la calce, si copra il rudere
» di tegole di due piedi combaciantesi fra di sè, ed aventi incisi in
» ciascheduna delle fronti delle commessure certi canaletti di un dito,
» i quali congiunti, si empiano di calce sbattuta con olio, e compresse
» che sieno tra loro le commessure si afreghino. Così la calce che si
» attaccherà ai canali, nell' indurirsi non permetterà che l' acqua, nè
» alcun' altra cosa passi per mezzo le commessure. Quando poi sarà
» perfezionato così questo strato, al di sopra mettasi il nucleo, ed a
» battute di verghe si assodi: poi o di tessere grandi, o di mattoni
» spigati si fabbrichino le elevazioni superiori nel modo che fu scritto
» di sopra: e così facendo i pavimenti non si guasteranno a gran
» tempo ».

Consacrando un capo intero ai dettagli delle operazioni relative allo stabilimento delle aree, Vitruvio ci fa conoscere abbastanza che gli antichi non erano meno studiosi dei processi pratici che dei precetti dell'arte. Da questa descrizione e da molte opere di questo genere osservate negli edifici antichi risulta che le aree erano composte di tre strati.

Il primo chiamato *statumen* era composto di pietruzze irregolari presso a poco della grossezza di un pugno, quando si trattava del pianterreno, e della grossezza di un uovo quando doveva esser fatto sopra i solai. Molti autori hanno preteso che questo primo strato fosse posato a secco. Nondimeno visitando le ruine degli antichi edifici

di Roma, di Pompeia e della Villa Adriana, ho riconosciuto che questo primo strato era formato di pietre irregolari posate in malta di calce, come la murazione di rottame.

Il secondo strato chiamato *rudus* non sembra differente dal primo se non in ciò che le pietre sono molto più picciole: è una specie di smalto composto di ritagli o di ciottoletti impastati con calce recentemente estinta. La solidità dell'area dipendeva da questi due strati che dovevano essere battuti e ridotti a tre quarti circa dell'altezza delle materie fresche, cioè a 3/4 del piede romano antico, corrispondente ad 8 1/4 pollici del piede di Parigi, o millimetri 243.

Il terzo strato chiamato *nucleus*, cioè nocciuolo, era una malta di cemento la cui minore grossezza doveva essere sei dita del piede romano; corrispondente a 4 1/2 pollici del piede di Parigi o millimetri 122. Ed è su questo strato che si posava il pavimento in terra cotta in marmo o in musaico.

La composizione delle aree era la stessa, dovessero esser fatte sulla terra, sulle volte o sopra i tavolati di legname.

Le figure 4 e 5 della Tavola LX rappresentano la disposizione dei diversi strati formanti le aree sui solai, secondo il testo di Vitruvio.

In queste due figure A indica le travi;

B, le tavole unite di quercia fermate da due chiodi su ciascuna trave;

C, il secondo rango di tavole posate attraverso del primo e inchiodate, per le aree scoperte formanti terrazzo;

D, il letto di felci che si stendeva sulle assi per guarentirle dagli effetti caustici della calce;

E, il primo strato di murazione in pietruzze, chiamato *statumen;*

F, il secondo strato di smalto, o malta di calce e pietruzze, chiamato *rudus;*

G, il terzo strato in malta di calce e tegole peste, indicato sotto il nome di *nucleus;*

K, il pavimento in grandi mattoni che Vitruvio propone di collocare fra il *rudus* e il *nucleus* per le aree da far sulle terrazze;

H, il pavimento in pietra, in marmo o terra cotta per formare la parte superiore dell' area.

La costruzione delle aree antiche non differisce che per le ope-

razioni preliminari comandate dalla lor situazione, e per lo spessore degli strati che erano più considerevoli per quelle fatte al pian terreno.

Si trovano ancora delle parti d' aree antiche perfettamente conservate, nelle ruine di molti edifici. La causa della durata di esse può essere attribuita a due precauzioni essenziali che i costruttori romani non trascuravano mai: la prima era di consolidare il suolo su cui dovevano essere stabilite, la seconda di comprimerle battendole.

In molti luoghi della Villa Adriana e di Pompeia ho veduto negli angoli dei muri parti d' aree, fatte sui tavolati completamente ora distrutti, che si sostenevano a guisa di volte; si rimarcano al di sotto i fori delle travi spaziati in modo che gl' intervalli sono all' incirca doppi dello spessore delle travi; vi si vede la marca dello spessore delle tavole, l' impressione delle felci che vi si stendevano sopra, e i differenti strati di muratura di cui era formata l' area, disposti come spiega Vitruvio; coi pavimenti di mattoncini spigati alla *tiburtina*, di musaici, o di piccioli dadi aventi una base di circa sei linee in quadrato.

Nelle ruine della Villa Adriana ho esaminato una terrazza il cui pavimento stabilito sopra una volta era ben conservato. Dall' essere levate le parti aderenti a quelle dei fabbricati distrutti ho riconosciuto che essa è composta d' un massiccio in pietrame o *statumen* di circa otto pollici di spessore sul quale era uno strato di malta in pietruzze, o smalto, di circa quattro pollici chiamato *rudus;* su questo strato è posata una specie di pavimento in mattoncini in piano lunghi circa 4 pollici e due larghi, con 8 pollici di spessore, cioè 108 millimetri di lunghezza, 54 di larghezza e 18 di spessore. Questi mattoni sono posti in angolo o a punte d' Ungheria come i pavimenti alla tiburtina.

Su questo pavimento è uno strato di malta in cemento fino, di circa 3 pollici, nel quale sono piantati de' piccioli paralellepipedi di marmo a base quadrata, di 10 in 12 linee di lunghezza, sopra 3 linee di grossezza, formanti la superficie superiore del pavimento. Lungo il muro di fondo e i muri laterali in avanti sono specie di declivi in cemento per mandar l' acqua verso il mezzo della terrazza e guarentire i detti muri.

Da alcuni avanzi delle Terme di Caracalla, si può congetturare che superiormente fossero per la più parte coperte da terrazze il cui pavimento era formato da paralellepipedi colla base murata, in pie-

tra peperino; la lunghezza di essi era 1 pollice 1/2 circa sopra 8 linee di grossezza. Nello spessore delle aree di molte simili terrazze ho osservato che si erano strappati de' grandi mattoni di 2 piedi romani in quadrato, i quali formavano un letto o mattonato inferiore, come consiglia Vitruvio.

Delle aree o pavimenti alla Greca.

Vitruvio nel Capo IV del settimo libro dà i seguenti dettagli sulla costruzione di una specie d' area usata dai Greci nei loro appartamenti d' inverno e specialmente per le sale da pranzo situate al pian terreno. Ecco la traduzione di questo passo (1):

» Quando saranno finite le volte, e nettate e pulite, non sarà dis-
» aggradevole (se alcuno ci volesse por mente) l' apparecchio utile
» e poco dispendioso de' pavimenti ad uso de' greci invernacoli. Si
» scava perciò tra il livello del triclinio per circa due piedi d' altezza,
» e sopra il suolo ben bene calcato si stende un pavimento o di ru-
» dere o di cotto, talmente inclinato che metta le narici in un ca-
» nale: indi sopra uno strato di carboni assiduamente calcati si stenda
» una materia mista di sabbione, di calce e di bragia, della grossezza
» di mezzo piede; a regola ed a livello, colla cote spumatane la su-
» perficie, il pavimento apparirà di un bel nero. Così ne' loro convivi
» tuttociò che si spande dai vasi o si sputa, appena cade si secca; e
» quei che ivi stanno attorno a servire, quantunque sieno co' piedi
» ignudi, non ricevono freddo da questo genere di pavimenti ».

I pavimenti od aree stabilite in questa maniera potrebbero essere impiegati utilmente per le sale da pranzo, per appartamenti ne' bagni e per laboratori di chimica.

(1) Explicata camera pura et polita, etiam pavimentorum non erit displicens, si quis animadvertere voluerit, Græcorum ad hibernalium usum minime sumptuosus et utilis apparatus.

Foditur enim infra libramentum triclinii altitudo circiter pedum binum, et solo fistucato inducitur aut rudus aut testaceum pavimentum, ita fastigatum, ut in canali habeat nares.

Deinde congestis et spisse calcatis carbonibus inducitur ex sabulone et calce et favilla mixta materies crassitudine semi-pedali ad regulam et libellam, et summo libramento cote despumato redditur species nigri pavimenti.

Ita conviviis eorum et quod poculis et pytismatis effunditur, simul atque cadit siccescitque, quique versantur ibi ministrantes, etsi nudis pedibus fuerint, non recipiunt frigus ab eius modi genere pavimenti.

Dei pavimenti alla Veneziana detti composti o pavimenti terrazzati.

Le molte opere d'architettura pubblicate a Venezia da diversi commentatori di Vitruvio, e più ancora la natura de' luoghi avranno potuto contribuire senza dubbio a introdurre e propagar l'uso delle aree e pavimenti all'antica, divenuto quasi che generale in questa città. Le istruzioni da noi raccolte nello stesso paese sulla formazione di tali opere, formano a nostro credere il migliore commentario del testo di questo autore, e servono a far conoscere certi dettagli puramente pratici che la sola esecuzione poteva rivelare.

Queste aree sono formate da uno strato di cemento di 4 pollici circa di grossezza (10 in 11 centimetri), composto d'un miscuglio di tegole e mattoni ben cotti, grossolanamente contusi e impastati con buona calce. D'ordinario si mette una parte di calce estinta su tre parti e mezzo di tegole e mattoni mescolati. È necessario che questo strato sia gettato in una sola volta per tutta l'estensione che deve avere; si stende con rastrelli a punte di ferro, come quello marcato I, figura 3, Tavola LX. Chi vuol fare un' opera più solida non impiega che il rottame di tegole: altri per economia formano questo strato d'un terzo di scaglie di pietre, un terzo di frantumi ed uno di calce estinta impastati assieme; ma tale processo non dà un' opera solida. Steso a dovere ed appianato a livello il primo strato, si lascia riposare un giorno o due secondo la stagione. Dopo questo tempo si batte con una cazzuola di ferro codata, rappresentata dalla figura M. La parte che colpisce è piana e arrotondata alquanto in forma di lingua. Si comincia a battere lungo uno dei muri e si continua parallelamente fino al muro opposto, come pel lastrico. Si lascia un giorno fra la prima e la seconda battitura, che si comincia dal muro ad angolo col primo, onde incrociare i colpi della prima battitura. Si continua questa operazione ad intervalli finchè si senta dalla reazione della cazzuola, che lo strato ha acquistato la consistenza e la fermezza convenienti, il che si riconosce quando i tagli non lasciano quasi più traccia.

Dopo averlo lasciato rasciugare per un giorno si stende un secondo strato di circa 1 pollice 1/2 di grossezza (4 centimetri), composto di tegole polverizzate, miste ad una quantità presso a poco

eguale di calce spenta. Per distendere questo strato si adoprano cazzuole lunghe e strette col manico assai alto. Sù questo strato ancora fresco si spargono piccioli pezzi di marmo di vari colori che si fanno entrare nello strato rotolandovi sopra un cilindro di pietra di 2 piedi 1/2 circa di lunghezza ed 11 pollici di diametro (10 centimetri au 30). Per far questa operazione gli operai camminano sopra assi o stuoie. Si batte poscia questo secondo strato come il primo, collo stesso stromento, ma con minor forza e maggior precauzione, finchè i pezzetti di marmo sieno affatto infossati e coperti dalla parte fina che viene alla superficie; quest' operazione si fa ad intervalli, cioè di due in due giorni.

D' ordinario si comincia soltanto dopo 10 o 12 giorni a lavorare la superficie, cioè a sgrossarla con un gres armato di un manico lungo rappresentato dalla figura L, ov' è ritenuto da cunei, onde poterlo cangiare quando la superficie comincia a levigarsi, per sostituirne altri di grana più fina e finalmente la pomice. Questa operazione esige che si lavi di tempo in tempo per togliere la belletta onde giudicare se il marmo è scoperto abbastanza, in guisa che degradi alquanto le commessure; egli è perciò che con terre colorate e calce si forma una pasta o cemento fino di una tinta simile alla generale che risulta dall'aggregato dei marmi. Per applicarla si adopera una pietra tenera figurata dalla lettera P. Si dà il lucido a questo cemento con una specie di cazzuola pulita alquanto rotonda al di sotto. Si termina quindi questo pavimento con uno o due strati d'olio di lino caldissimo, che penetrando fino ad una certa profondità gli dà una consistenza che facilita il pulimento e lo rende brillantissimo.

Il metodo da noi indicato varia secondo gli operai, alcuni dei quali pretendeno avere de' secreti particolari per render l'opera più bella e durevole.

Si fanno dei pavimenti o terrazzi con iscomparti ricchissimi, ornati di disegni e fiorami a guisa di tappeti. Per far ciò si disegna un quarto dello spazio in grande su carta alquanto grossa. E divisa l'area in cemento, su cui dev' essere eseguito, in quattro parti eguali con due linee che s' incrociano ad angoli retti, si applica il disegno traforato sopra ciascuna e si segna con carbone pesto rovesciando il disegno per ripetere le parti simmetriche ed opposte di ciascun quarto.

Per operare si comincia a disporre separatamente i pezzetti di

marmo dello stesso colore. Per giugnere a far i pezzi a un di presso della stessa grossezza si fanno passar prima per una ramata di ferro le cui maglie di circa due linee non lasciano passare che i pezzi troppo piccioli, e poi per una le cui maglie un po' più grandi non lasciano passare che i pezzi di conveniente grandezza ritenendo quelli che sono troppo grossi, i quali si frangono di nuovo per sottometterli alla stessa operazione. Vi vuole una certa destrezza, che si acquista colla pratica, per dare a questi pezzi di marmo presso a poco una stessa forma e grossezza.

Per mettere questi pezzi di marmo nello strato di cemento mezzo asciutto si adoprano cartoni tagliati che si applicano sul disegno che non lascia apparire se non ciò che dev' essere di uno stesso colore; vi si semina colla mano, più egualmente che sia possibile, i frammenti di marmo che s' immergono nell'intonaco battendoli con un pezzo di legno piano. Conviene evitare con molta cura di metterne troppi perchè allora sono soggetti a distaccarsi, o di metterne troppo pochi, per la ragione che le parti di cemento essendo sempre meno dure che i marmi s'incavano e producono un cattivo effetto.

Quando tutti gli scomparti sono stati guerniti de' marmi necessari vi si passa sopra il cilindro di pietra N a più riprese per appianare la superficie, si batte quindi per intervalli con precauzione finchè abbia acquistato la fermezza e consistenza necessarie per poter essere appianate e polite col gres, come si è detto.

Quando l'operazione è finita, onde rendere i contorni più netti si segnano con una punta d'acciaio ben tagliente, e si riempie il taglio con nero di fumo ed olio di noce (1).

Se si vuole che questi scomparti si conservino lungo tempo belli conviene aver la cura di scegliere i marmi di durezza presso a poco eguale, perchè i più teneri si rodono più presto degli altri e formano spiacevoli ineguaglianze.

Quando queste aree o terrazzi debbono esser fatti a pianterreno o sulle volte, si comincia dal fare un massiccio in murazione di rottami, battuto e messo bene a livello.

Se è sopra solai conviene che le travi sieno alquanto più forti

(1) Questo modo di pavimento è stato ultimamente impiegato con successo a Parigi per formare il suolo del colonnato del Louvre.

che pei pavimenti ordinari, cioè che sopra 12 piedi, 4 metri, di lunghezza, abbiano 7 in 8 pollici, 19 a .21 centimetri, di grossezza, a distanze tali che il vuoto eguagli il pieno. Su queste travi si pongono attraverso le tavole grosse 1 pollice circa (.27 millimetri) fermate su ciascun trave da due chiodi; prima di spargere il primo strato si copre la superficie delle tavole con un letto di paglia.

Nelle case private si fanno certi composti d' un sol colore o di molti, mescolati in modo che formano una specie di granito.

Quelli che vogliono fare minor spesa si contentano dell' intonaco di cemento ben battuto ed appianato, dipinto in rosso e strofinato come i quadri in terra cotta a Parigi. Ma la superficie è più retta e più unita; vi si tracciano talvolta delle linee per imitare i diversi scomparti di quadri.

Del Lastrico.

S' indica a Napoli con questo nome un' area o strato di malta, o smalto, fatto con frantumi di pietra pomice e tufo bruciato che si trovano a vene nei contorni di questa città ad una certa profondità. Questi frantumi sono indicati sotto il nome di *rapillo*, piuttosto lapillo, o pietruzze i cui pezzi più grandi sono minori di una noce; si mischia questo lapillo con calce estinta da otto giorni, bene sciolta e ridotta alla consistenza di latte alquanto spesso; si agita questo miscuglio a più riprese irrigandolo con questa calce; le parti più fine tengono vece di sabbia. Si lascia riposare questa specie di malta per ventiquattro ore, dopo le quali si rimescola di nuovo: durante questo tempo osservasi che si scalda e fermenta: si rimescola una terza volta, umettandola con latte di calce se è divenuta troppo secca, e quando si vede che il miscuglio ha acquistato il grado di consistenza che deve avere, e che fermenta ancora, si rimescola una quarta volta dopo averlo lasciato riposare.

Quando si vuol far uso di questa composizione invece di mattonato negli appartamenti, si comincia dall' imboccare tutte le commessure ed i fori del solaio con calce in pasta alquanto dura; quindi si stende sopra uno strato di pietruzze a secco ben disposto che non passa i 2 pollici di grossezza.

Su questo letto di pietre secche si getta in una sola volta il la-

strico ben mescolato. Esso deve formare uno strato di circa 5 pollici di spessore (13 centimetri 1/2) per essere ridotto a 3 pollici e 9 linee (10 centimetri) dopo che è stato battuto. Non si comincia a battere che 24 ore dopo, onde abbia acquistato la consistenza e fermezza sufficienti per poter camminarvi sopra. Per condensarlo si adoprano da prima grossi legni, vedi la Tavola IV, figure 18, 19 e 20, battendo sempre nello stesso senso. I lavoratori che fanno questa operazione si mettono lungo uno dei lati della camera, e vanno rinculando finchè sono arrivati al lato opposto; fanno la stessa operazione con legni meno forti partendo da uno degli altri lati, onde incrociare i colpi; ripetono la stessa operazione finchè sentono dal reagire de' legni, che il lastrico ha la necessaria fermezza. D' ordinario si batte fino a tre volte, mettendo un giorno d' intervallo fra ciascuna battitura.

Quando il lastrico dev' essere fatto sopra terrazze per servire di copertura alle case, come si fa a Napoli e nei contorni, vi si danno 7 in 8 pollici di spessore, 19 in 21 centimetri, indipendentemente dal letto di pietruzze posate a secco sul tavolato. Si riduce questo spessore, battendolo come abbiamo spiegato, a 5 pollici 1/2 circa, o 15 centimetri; dopo questa operazione si copre con 6 pollici di terra onde impedire che screpoli, finchè sia secco abbastanza da non temer più le impressioni dell' aria. Se è nella bella stagione occorrono presso a poco due mesi; se è alla fine d' autunno, si lascia coperto fino alla primavera. Il lastrico ben fatto non forma che un sol pezzo e diviene così duro che si può coi pezzi di lastrico antico formare gradini di scale e bancali da finestre. Mancando il vecchio lastrico se ne fa espressamente, ed è buono da mettere in opera dopo tre o quattro mesi (1).

Delle aree in gesso.

Le aree in gesso comune non acquistano abbastanza durezza per poter servire di pavimento come quelle in cemento. Si è nondimeno tentato di farne, impastando un gesso eccellente coll' acqua in cui si

(1) Dalle sperienze fatte sopra un pezzo di lastrico recato da Napoli risulta che il suo peso specifico non è guari più grande di quello del legno di quercia, e che la sua forza e durezza sono eguali a quelle delle pietre dette *Lambourde di Saint-Maur* e del *Vergelée*. (Vedi il Libro 1 pag. 247.)

era stemperata della fuligine, e un poco di colla di Fiandra; se ne formò uno strato grosso un pollice circa sul quale si tracciarono degli scomparti; si diede quindi un color di legno all'encausto, che si strofinava al solito: ma queste aree, quantunque ben fatte, non sono di lunga durata e sogliono essere striate dai mobili che vi si possono trascinar sopra, e di più temono l'acqua e l'umidità.

Le aree in gesso non possono servire che per ricevere de' quadri di pietra, di terra cotta o di marmo.

A Parigi si fanno in gesso le aree che altrove si fanno in malta, come quelle al pianterreno e sulle volte: si ricoprono di fascie e di quadri di pietra o di terra cotta.

Quando queste aree si fanno sui tavolati, si mettono sulle travi assi congiunte, che si ommette sovente d'inchiodare, sulle quali si stende uno strato di gesso grosso due pollici circa. Gli operai pretendono che questo strato basti per tener ferme le assi, ma è meglio inchiodarle: se la spesa è alquanto maggiore le aree sono anche più solide, perchè allora non fanno più che uno stesso corpo colle travi e non sono più soggette a distaccarsi o contorcersi.

SEZIONE SECONDA

STRUTTURE MURALI

CAPO PRIMO

DEI MURI IN PIETRE ROZZE

Ecco quanto dice Vitruvio sulle diverse specie di murazioni al Capo VIII del secondo Libro (1).

» I generi delle strutture sono questi: il reticolato, il quale si usa da
» tutti, e l' antico che dicesi incerto. Più venusto riesce il reticolato,
» ma è tanto facile a fendersi che in ogni sua parte ha i letti e le
» commessure disfatte. L' incerto poi formato di cementi gli uni sopra
» gli altri adagiati e fra loro complicati non fa bella la fabbrica, ma
» più forte che non è la reticolata. Ambedue devono riempirsi di mi-
» nutaglie, affinchè i muri saziati frequentemente di calce e d' arena
» siano a lungo tenuti insieme dalla detta materia. Perch' essendo que-
» sti di qualità molle e rara, succiando il succo dalla materia, dissec-
» cano: ma se sarà in gran copia la calce e l' arena, il muro più ab-
» bondando di umore, non s' inaridirà così presto, ma sarà da tali

(1) Structurarum genera sunt haec: reticulatum, quo nunc omnes utuntur, et antiquum, quod incertum dicitur. Ex his venustius est reticulatum, sed ad rimas faciendas ideo paratum, quod in omnes partes dissoluta habet cubicula et coagmenta. Incerta vero caementa, alia super alia sedentia interseque implicata, non speciosam sed firmiorem quam reticulata praestant structuram.

Utraque autem ex minutissimis sunt instruenda, uti materia ex calce et arena crebriter parietes satiati diutius contineantur. Molli enim et rara potestate cum sint, exsiccant sugendo e materia succum: cum autem superarit et abundarit copia calcis et arenae, paries plus habens humoris non cito fiet evanidus, sed ab his continebitur. Simul autem humida potestas e materia per caementorum raritatem fuerit exucta, calx quoque ab arena discedit et dissolvitur, itemque caementa non possunt cum his cohaerere, sed in vetustatem parietes efficiunt ruinosos.

» cose tenuto insieme. Ma tosto che la sostanza umida per la rarità
» de' cementi svapora dalla materia, e la calce disgiunta dall' arena si
» sciogli, allora i cementi con quelle non possono incorporarsi, e per-
» ciò i muri coll' andar del tempo diventano rovinosi. E questo si può
» osservare sopra alcuni monumenti dintorno a Roma, fatti di marmo
» o di pietre quadrate al di fuori, e nell' interno riempiuti di minu-
» taglie, i quali, per essersi dal tempo ristretta la materia ed asciu-
» gate le rarità de' cementi, ruinano; e dalla ruina scioltisi i legami
» delle commessure si struggono.

Id autem licet animadvertere etiam de nonnullis monumentis, quæ circa urbem facta sunt e marmore seu lapidibus quadratis, intrinsecusque medio calcata farturis. vetustate evanida facta materia, cæmentorumque exucta raritate proruunt, et coagmentorum ab ruina dissolutis juncturis dissipantur.

Quod si quis noluerit in id vitium incidere, medio cavo, servato secundum orthostatas intrinsecus, ex rubro saxo quadrato aut ex testa aut silicibus ordinariis struat bipedales parietes, et cum his ansis ferreis et plombo frontes vinctæ sint. Ita enim non acervatim sed ordine structum opus poterit esse sine vitio sempiternum, quod cubilia et coagmenta eorum inter se sedentia et juncturis alligata non protrudent opus, neque orthostatas interse religatos labi patientur.

Itaque non est contemnenda Græcorum structura: non enim utuntur e molli cæmento structura polita, sed cum discesserint a quadrato, ponunt de silice seu de lapide duro ordinario et ita, uti lateritia struentes, alligant eorum alternis choris, coagmenta et sic maxime ad æternitatem firmas perficiunt virtutes.

Hæc autem duobus generibus struuntur: ex his unum isodomum alterum pseudisodomum appellatur. Isodomum dicitur, cum omnia choria æqua crassitudine fuerint structa: pseudisodomum, cum impares et inæquales ordines choriorum diriguntur. Ea utraque sunt ideo firma, primum quod ipsa cæmenta sunt spissa et solida proprietate, neque de materia possunt exugere liquorem, sed conservant eam in suo humore ad summam vetustatem; ipsaque eorum cubilia primum plana et librata posita, non patiuntur ruere materiam, sed perpetua parietum crassitudine religata continent ad summam vetustatem.

Altera quam ἐμπλεκτον appellant, qua etiam nostri rustici utuntur: quorum frontes poliuntur; reliqua, ita uti sunt nata, cum materia collocata alternis colligant coagmentis. Sed nostri celeritati studentes, erectos choros locantes frontibus serviunt, et in medio farciunt fractis separatim cum materia cæmentis: ita tres suscitantur in ea structura crustæ, duæ frontium et una media farturæ. Græci vero non ita; sed plana collocantes, et longitudines chororum alternis coagmentis in crassitudinem instruentes, non media farciunt, sed e suis frontatis perpetuam et in unam crassitudinem parietem consolidant. Præterea interponunt singulos perpetua crassitudine utraque parte frontatos, quos διατόνους appellant, qui maxime religando confirmant parietum soliditatem.

Itaque si quis voluerit ex his commentariis animadvertere et eligere genus structuræ, perpetuitatis poterit rationem habere. Non enim quæ sunt e molli cæmento subtili facie venustatis, eæ possunt esse in vetustatem non ruinosæ. Itaque cum arbitria communium parietum sumuntur, non æstimant eos quanti facti fuerint, sed cum ex tabulis inveniunt eorum locationis pretia, præteritorum annorum singulorum deducunt octagesimas, et ita ex reliqua summa partem reddi jubent pro his parietibus, sententiamque pronuntiant eos non posse plus quam annos octoginta durare. De lateritiis vero dummodo ad perpendiculum sint stantes, nihil deducitur, sed quanti fuerint olim facti, tanti esse semper æstimantur.

» Che se non si vorrà incorrere in questo rischio, nel vuoto la-
» sciato in mezzo fra l' uno e l' altro lato, internamente si costruisca-
» no pareti di due piedi con sasso rosso quadrato, o terra cotta, o
» pietre ordinarie, e sieno collegate le fronti con uncini di ferro e con
» piombo. In tal modo, non alla rinfusa, ma ordinatamente fatta la
» fabbrica, potrà lunghissimamente durare senza difetto: perchè i letti
» e le commessure combaciando fra loro ed assicurate dai legamenti
» non affaticheranno il muro e non permetteranno che i lati l' un con
» l' altro connessi rovinino.

» Perciò non è da spregiarsi la struttura de' Greci, i quali non
» usano di fare la polita di molle cemento, ma quando si dipartono
» dalla quadrata adoprano selce, o altra pietra ordinaria; e così, la-
» vorando il muro come si fa coi mattoni, collegano con alterni corsi
» le commessure, e impartono eterna fermezza alle fabbriche. Queste
» poi si costruiscono in due maniere; l' una che si dice *isodoma*, l' al-
» tra *pseudisodoma*. Isodoma è quella, in cui tutti i corsi sono fabbri-
» cati d' eguale grossezza, pseudisodoma quella, in cui gli ordini dei
» corsi son disuguali.

» Ambedue queste fabbriche sono ferme, primieramente perchè
» essendo gli stessi cementi di densa e solida proprietà non possono
» succiare il liquore dalla materia, ma conservano in essa l' umore fi-
» no all' estrema vecchiezza. Oltre a ciò i loro letti posti piani e a
» livello impediscono alla materia di rovinare; ma collegati alla intera
» grossezza de' muri li tengono insieme perpetuamente.

» L' altra maniera è quella che chiamano *emplecton*, usata anco
» dai nostri campagnuoli; le fronti della quale si puliscono, e le altre
» cose tali quali sono in natura, poste insieme colla materia, con al-
» terne commessure colleganси. Ma i nostri che aman la fretta collo-
» cando a perpendicolo i corsi stabiliscon le fronti, e riempiono il
» mezzo di pesti cementi confusi colla materia; onde in tale costru-
» zione si elevano tre croste, due delle fronti ed una della riempitura
» di mezzo.

» Ma i Greci invece ordinando i piani per lungo, e con alterne
» commessure collegandoli alla larghezza del muro, non fanno riempi-
» tura di mezzo, ma coi loro frontati lo consolidano in una eguale e
» stessa grossezza: inoltre frappongono l' un dietro l' altro quei fron-
» tati che vanno dall' uno all' altro de' termini della larghezza, i quali

» si chiamano *diatoni*, e che collo stringere grandemente raffermano
» la solidità dei muri.

» Onde se alcuno in questi commentari vorrà osservare e scegliere
» un qualche genere di costruzione, potrà riconoscere la ragione della
» sua durata; perchè quelle che sono di molle cemento e di leggiero
» aspetto di venustà, non possono coll' andar degli anni non essere
» rovinose. Onde quando si chiamano gli arbitri dei muri comuni,
» non gli stimano al prezzo che furono fabbricati; ma quando tro-
» vano dai registri le locazioni di quelli, per ciaschedun degli anni
» passati deducono l' ottantesima parte del prezzo, e così della residua
» somma fanno che se ne restituisca una parte per questi muri, pro-
» nunziando sentenza che non possono durare più d' ottant' anni. Ma
» dai muri di mattone, purchè si veggano a piombo, nulla si deduce,
» ma sempre si stimano al prezzo medesimo che furono fabbricati ».

Le osservazioni onde Vitruvio accompagna la descrizione che dà delle varie murazioni usate ai suoi tempi possono essere considerate come tante lezioni su questa materia: servono esse in pari tempo a dimostrare in modo preciso lo stato di quest' arte in Grecia ed in Italia all' epoca in cui scriveva. Infatti benchè non si possa che applaudire alle ragioni nelle quali si fonda per prescrivere l' ordine e la collocazione dei materiali, come unico principio di solidità nelle murazioni; non è men vero che una serie di costruzioni posteriori a questo architetto, stabilite nei diversi paesi soggetti al romano dominio, secondo i processi da lui riprovati, hanno superato i secoli senza altro danno che quelli della mano degli uomini, e le ruine di esse presentano ancora tutte le guarentie di una lunga durata. D' onde si può inferire a nostro parere che al tempo di Vitruvio la costruzione in murazione non aveva toccato ancora quel grado di perfezione a cui pervenne in seguito sotto lo stesso regno di Augusto e de' suoi successori, come potrà vedersi dai numerosi esempi menzionati in questo Capo.

Frontino, amministratore delle acque a Roma sotto l' imperatore Nerva, che ha scritto i suoi Commentari sugli acquedotti di questa città cento anni e più dopo Vitruvio, parla del tempo più favorevole allo stabilimento delle opere di murazione. Ecco come si esprime a tale riguardo nel paragrafo XXIII di quell' opera:

» Il tempo conveniente alle opere muratorie è dal mese d'apri-
» le fino al novembre, ma è ottima cosa il sospenderne i lavori per

» quella parte dell' estate in cui tutte le sostanze sono penetrate
» da un calore bruciante: in fatti una temperatura moderata è
» necessaria per conservare lungamente la muratura nello stato di
» umidità indispensabile perchè si consolidi. Un sole ardente non
» produce minor pregiudizio alla malta di quello che faccia il
» gelo (1).

Opus incertum (2), *o aggregato di pietrama d' ogni forma.*

L' origine di questa specie di murazione rappresentata dalle figure 1 e 2 della Tavola LXI, rimonta alla più alta antichità, e se ne attribuisce l' origine agli Etruschi antichi, e sembra essere imitazione di certe cave ove le pietre si trovano naturalmente disposte in tal maniera. Tale è quella che si vede presso il lago di Bolsena e l' antica città di Volsinium, capitale del paese de' Volsci, ove si teneano le assemblee generali dei dodici popoli d' Etruria nel tempio della dea Vulturna.

Le pietruzze ed i tufi dei contorni di Roma erano più propri per la loro irregolarità a formare l' *opus incertum*, che la costruttura a ranghi di corsìe; perchè quest' ultima esige delle pietre o pezzi i cui letti sieno naturalmente formati.

Gli angoli e le estremità dei muri costrutti a commessure incerte hanno bisogno di essere consolidate da parti di murazione ordinaria disposte a ranghi di corsìe orizzontali. In molti edifici antichi queste parti sono costrutte in mattoni. La figura 1 della Tavola LXI rap-

(1) Idoneum structuræ tempus est a kalendis aprilibus in kalendas novembris, ita ut optimum sit intermittere eam partem æstatis quæ nimiis caloribus incandescit: quia temperamento opus est, ut ex humore commode structura combibat, et in unitate corroboretur. Non minus autem sol acrior, quam gelatio præcipit materiem.

(2) Vedi al Capo I del Libro secondo ciò che abbiam detto sulle diverse denominazioni date dai Commentatori alle costruzioni in pietre di taglio.

Perrault che non era mai stato in Italia ha creduto che questa specie di muratura fosse simile a quella che i Francesi chiamano *limosinage* ove le pietre sono collocate per ranghi di corsìe; ei propose di leggere *insertum* invece d' *incertum*. Tradusse incerto colla parola *intrecciato (entrelacé)*, ma è evidente che questa spiegazione può del pari applicarsi alla murazione a commessure incerte poichè le pietre vi sono ancora più intrecciate che nella muratura ordinaria; inoltre la parola *incertum* indica meglio la irregolarità delle commessure, il che caratterizza questa specie di murazione.

presenta una cantonata d'un muro antico di Pompeia, ma il mezzo indicato dalla figura 2 è il più ordinario (1).

Opus reticulatum, *o pietre a faccie quadrate messe assieme in forma di rete.*

Questo genere di murazione chiamato δικτυωτὸν dai Greci forma l'opera più piacevole che si possa fare in picciole pietre. Esso era assai usato verso gli ultimi tempi della Repubblica romana. Una gran parte delle ruine dei contorni di Roma sono costrutte in murazione reticolata nelle pareti esterne e in rottame nel mezzo.

L'opera reticolata è d'ordinario formata di picciole pietre o tufi la cui faccia presenta un quadrato di circa 3 pollici od 8 centimetri per ogni verso, disposte a rombi od a scacchi, come si vede nella figura 4, Tavola LXI. Queste pietre hanno una coda di 5 in 6 pollici che va diminuendo in grossezza e che s'interna più o meno nel muro onde legarsi colla muratura in rottame del mezzo.

Quest'opera è inquadrata in parti di murazione a morse e formate di pezzetti della stessa pietra squadrati, di 7 ad 8 pollici di lunghezza (19 a 22 centimetri) sopra 3 pollici circa di spessore (1 decimetro), e 4 in 6 pollici di larghezza (11 a 16 centimetri) onde formar legame nella grossezza del muro. Sovente queste inquadrature sono di mattoni invece di pietre.

Dopo avere spiegati gl'inconvenienti che risultano dall'impiego

(1) Tale muratura è stata in uso fino al regno degl'imperatori. Le più antiche ruine di Roma e dei contorni, come il tempio di Vesta, la Villa di Mecenate, gli avanzi della casa di Quintilio Varo a Tivoli e il tempio della Fortuna a Prenesta sono costrutti in questa maniera. E trovansi pure costruzioni di questo genere a Terracina, a Fondi, a Pozzuolo, a Pompeia e in molti altri luoghi.

I costruttori Romani che, secondo il precetto dato da Vitruvio alla fine del Capo V del libro I, sapevano trarre un partito vantaggioso da tutti i materiali che si trovavano nel paese ove costruivano, hanno adottato per la muratura in ciottoli di cui talora hanno usato, la disposizione irregolare dell' *opus incertum*, onde legare l'opera in tutti i sensi, e acciò nella pareti dei muri in elevazione ciascun ciottolo poggiasse almeno su due punti a si trovasse per così dire inchiavato e sostenuto da tutti quelli che lo circondavano, tanto se trattavasi di pavimento come di muro, nel modo indicato dalla figura 3, Tavola LXI.

Molti costruttori moderni hanno fatto questa murazione a ranghi di corsie come vedesi nella figura 6, ma questa disposizione è viziosa, perchè ciascun ciottolo considerato indipendentemante dalla malta non poggiando che sopra un punto non ha un sedimento sufficiente, in guisa che questi muri non hanno quasi nessuna solidità e sono soggetti a screpolare a cadere.

delle pietre tenere per formare i muri di struttura, Vitruvio, e Plinio dopo di lui, osservano che l'*opus reticulatum* è soggetto a screpolare. Egli è certo che sebbene la disposizione delle commessure di questo genere di lavoro sia più piacevole alla vista, è nondimeno contrario ai veri principi dell' arte di edificare. Nulladimeno il gran numero di edifici costrutti in tale maniera, le cui ruine esistono ancora, (1) ci fanno pensare che il primo non ha toccato la vera causa degli accidenti da lui indicati. Infatti piuttosto alla cattiva qualità della calce che alla natura delle pietre deve attribuirsi la ruina degli edifici di cui parla, e il passo di Plinio che abbiamo citato nel Libro primo di quest'opera viene anch' esso in appoggio di quest' asserzione. L'influenza della stagione in cui erano fatte tali costruzioni poteva pure, come osserva giudiziosamente Frontino, contribuire alla poca solidità di esse. D' altronde è essenziale osservare che tutti questi ri-

(1) Gli avanzi del Mausoleo d' Augusto offrono uno de' più begli esempi in questo genere di costruttura per la perfezione con cui fu eseguito. Le picciole pietre a faccie quadrate hanno 2 pollici e 7 linee in tutti i sensi (once 2 3/4 del piede antico), sopra 5 pollici a 6 linee di lunghezza (un mezzo piede romano). Formavano esse dei prismi regolari, ma la sola base esterna era tagliata correttamente. Lo spessore è regolato in 4 linee (minuti 4 2/3 del piede antico).

Le vaste ruine della Villa Adriana presso Tivoli sono in muratura reticolara eseguita con molt' arte. Vi si vedono parti così ben conservate che sembrano piuttosto costruzioni moderne interrotte, che ruine di edifici che hanno più di sedici secoli d' antichità.

L' opera più rimarchevole in questo genere è un muro di un edificio che Adriano fece costruire ad imitaziona del Pecile d' Atene; la sua lunghezza è di quasi 200 metri (613 piedi) sopra 8 metri di altezza (25 piedi) a 72 centimetri di spessore (27 pollici). Questo muro che è isolato in tutta la sua lunghezza è anche in ottimo stato ed a piombo: nella massa si sono forata delle porte rustiche per dar passo a carri di fieno senza che i fori abbiano danneggiato il muro, a la parte superiore che ha circa 3 metri di altezza (8 in 10 piedi) si sostiene in aria per la sola forza della malta. Questo muro è diviso sull' altezza da fascie orizzontali di 13 in 14 decimetri d' altezza (4 piedi a 2 pollici) con cinque ranghi di mattoni formanti assieme corsie di 10 pollici d' altezza (27 centimetri).

Il mezzo del muro è in murazione di pietrame irregolare ed in ritagli di pietre, posate a bagno di malta e ben munite.

Presso lo Stadio si vedono avanzi di edifici, i muri dei quali sono pure in murazione reticolata. Alcuni di questi muri hanno 10 metri d' altezza (piedi 31) sopra 60 centimetri di spessore (22 pollici), e non sono divisi da fascie ma inquadrati in piccole pietre squadrate. Sulle faccie d' alcuno di questi muri, che sono ancora in ottimo stato, si vedono i fori dei ramponi che tenevano le lastre di marmo da cui erano rivestiti e che ne indicano gli scomparti; vi si osservano a certe distanze pezzi di marmo murati, che sembra fossero destinati a sostenere i pezzi più sporgenti.

Fra gli esempi dell' estrema tenacità della malta degli antichi in simili costruzioni, si possono citare le ruine di un atrio che metteva ad un portico coperto o *criptoportico* in una casa di campagna di Domiziano distante 5 miglia da Roma sulla via di Frascati. Piranesi la rappresenta fedelmente nelle sue opere di Architettura.

vestimenti in picciole pietre, *minutissimis cœmentiis*, e le loro combinazioni coi mattoni non avevano il più delle volte per oggetto che il decorare i muri ed i massicci in rottame come di una specie di mosaico, senza contribuire in nulla alla loro solidità (1).

La combinazione delle parti di murazione reticolata con inquadrature di pietre squadrate e collegate è assai piacevole. Io credo che la si potrebbe adoperar con successo nella costruzione di certi edifici, come muri di terrapieni, grotte, serre ed altri.

Si potrebbero tagliare i rombi e le pietruzze colla sega a denti adoperando pietre tenere di buona qualità come il Vergelé fino, il Conflans, il Saint-Len, la Lambourde di Saint-Maur, per Parigi e pei contorni, e quelle di qualità analoghe per gli altri luoghi (2).

Sarebbe facile trovare mezzi semplici e spediti per segare tutte qneste pietre. Tale costruzione sarebbe più gradevole che quella in mattoni e potrebbe divenir meno costosa.

Essa potrebbe costruirsi in calce o in gesso, e presenterebbe all' esterno nn aspetto meno comune che le costruzioni in pietre, apparenti o intonacate.

Isodomum, pseudisodomum, *e costrutture moderne che vi corrispondono.*

Dopo il giudizio illuminato che Vitruvio ha dato sni vari generi di costrutture ed i principi da noi sviluppati nel Capo II del secondo Libro non si potrebbe mettere in dubbio, che qualunque possa essere in ogni caso la forza con cui la calce lega assieme le pietre d'ogni specie, e la consistenza che acquista essa stessa, la disposizione per ranghi di corsìe, come si praticava in Grecia, non sia nello stesso tempo la più naturale e solida nella muratura come nella costruzione in pietra di taglio.

Abbiamo già fatto conoscere parlando delle costruzioni in pietra di taglio, in che differiscono questi due generi di lavori, il primo

(1) Nei contorni di Napoli si vedono antichi rivestimenti battuti dal mare, ove sono distrutte le stesse pietre; la malta di pozzuolana, sussistente ancora, forma delle cellette vuote che sole resistono all'impeto dei flutti.

(2) Vedi al Libro primo la descrizione delle pietre dei diversi paesi, pag. 69 e le tavole delle pag. 238 e seguenti.

de' quali rappresentato dalle figure 1 e 7 della Tavola X (1) non ammette, siccome abbiamo già detto, alcuna varietà nel suo assieme; mentre l'altro è suscettibile d'una folla di combinazioni, delle quali le figure 2, 3, 4, 5 e 6 della stessa Tavola possono dare un' idea, in ragione delle diverse forme e misure che possono ricevere gli elementi che entrano nella sua composizione.

Del resto i ranghi possono essere d'ineguali altezze e le pietre diversamente grandi, senza che perciò i muri abbiano minor solidità, se però sono ben costrutti a bagno di calce, e se le pietre sono ben disposte in ragione della loro forma e grandezza, e ben collegate tanto all' interno che all' esterno.

Queste costrutture corrispondono a quelle in pezzi di pietre dirozzate, ed alla costruttura comune in pietre greggie che debbono essere ricoperte d' intonaco.

La costruttura in pietre scalpellate ha luogo per rivestimenti e muri esteriori come quelli dei terrapieni ed altri ai quali si vuol dare una certa apparenza senz' intonaco.

Per costruire questi muri in un modo conveniente le pietre che formano le pareti debbono essere squadrate, avere i loro letti e le loro faccie ben appianate e conviene che sieno posate per ranghi di corsìe collegate le une colle altre. Quest' opera è gradevole perchè i ranghi sono di eguale altezza e le pietre egualmente grandi; quanto alla solidità, essa dipende dal modo onde le pietre sono posate, collegate o munite internamente a bagno di calce o di gesso.

La costruttura in pietre greggie, chiamata dai Francesi *limosinage*, non deve differire da quella in pietre dirozzate che nelle pareti e nelle commessure verticali. I letti delle pietre debbono essere così ben appianati come nella costruttura in pietre dirozzate; debbono essere del pari messe in legame le une colle altre per ranghi a livello, meglio che si possa muniti di malta o di gesso. Per ottenere un lega-

(1) La Tavola LXII rappresenta le ruine di un muro di fabbrica antica presso il sepolcro di Metella. La lunghezza di questo muro è 9 metri (27 piedi) il suo spessore 20 pollici (54 centimetri). Le piccole pietre squadrate di cui è formato sono tutte della stessa grandezza, cioè lunghe 8 pollici su tre di altezza (centimetri 22 sopra 8). L' interno di questo muro è in pietrame, ben munito di calce e ben battuto. La esatta rappresentazione dello stato in cui trovasi questo muro le cui pareti sono ancora ben rette e conservate, prova come la malta aggiunge resistenza e solidità alle costruzioni in piccole pietre, qualunque sieno d' altronde la forma e la disposizione di esse.

me più perfetto ed in conseguenza una maggiore solidità, sarebbe cosa utile che i pietrami delle pareti fossero presso a poco triangolari di pianta come si vede in *b*, figura 1, Tavola LXIII, e situati in modo che la punta fosse nell' interno del muro onde poter collocare negli spazi *d*, che lasciano fra loro, altre pietre che collegherebbero il mezzo colle faccie. Questa forma triangolare deve essere preferita alla rettangolare, *c*, figura 2, ogniqualvolta i muri abbiano uno spessore maggiore del doppio della lunghezza delle pietre, come nei muri di 15 a 18 pollici: quando non si ha cura di collegare questi muri di distanza in distanza con pietre eguali alla loro grossezza, sono soggetti a disunirsi nel mezzo.

Quando si vuol avere un buon lavoro muratorio, simile a quelli degli antichi Romani, conviene inoltre aver cura di raccomandare agli operai di posare i pezzi sopra un buon strato di calce e batterli per farli congiunger bene, e dopo aver ben munito il mezzo del muro e tutti i vacui fra le pietre con pietruzze e ritagli misti alla calce, livellare il muro a ciascun rango di corsìe con un buon strato di calce. Finalmente, perchè la malta si unisca meglio colle pietre sarebbe utile che gli operai avessero presso di sè una vasca d'acqua nella quale bagnassero le pietre prima di posarle, ed un paniere a giorno pei ritagli o minutaglie che si umetterebbero del pari prima di mischiarli alla calce. Questo processo che ho veduto praticato in più luoghi d' Italia, è eccellente per le opere che debbono contenere acqua, come bacini, serbatoi, acquedotti e per le opere che esigono una grande solidità, ed anche per quelle che debbono essere murate in gesso.

Paragonando ciò che abbiamo detto sui mezzi e sulle precauzioni da prendere per fare una buona murazione colla maniera usata dalla più parte degli operai, non si deve più essere sorpresi della poca durata delle costruzioni moderne.

La maggior parte degli operai dopo avere posate le pietre delle pareti in gesso o in calce, si contentano di riempiere il mezzo con rottami di pietruzze e polvere a secco, in guisa che non impiegano malta o gesso che per le facciate.

CAPO SECONDO

DEI MURI IN MATTONI

Noi abbiamo trattato nel primo Libro di quest' opera di tutto ciò che è essenziale conoscere circa la fabbricazione dei mattoni; ciò che ne resta a dire sul modo d' impiegarli si limita ad indicare le combinazioni a cui le forme e le proporzioni li rendono propri nella costruttura.

Abbiamo riunito nella Tavola LXIV le diverse maniere di combinare questi mattoni per formare muri, divisioni o tramezzi.

Le figure 1 e 2 indicano divisioni e tramezzi formati di mattoni piani o in coltello.

La figura 3 fa vedere la disposizione pei piccioli muri o forti divisioni formate con due mattoni in grossezza.

Le figure 4 e 5 presentano due combinazioni diverse pei muri la cui grossezza è di tre ordini di mattoni.

La figura 6 offre una terza combinazione in cui si fa uso della metà dei mattoni pei riempimenti segnati *a*.

La figura 7 mostra la disposizione per un muro di quattro ranghi di mattoni. È evidente che possono esservi molte altre combinazioni: noi ci siamo limitati a quelle che convengono meglio per la semplicità e solidità; ma devesi osservare che per una maggiore solidità fa d' uopo che i mattoni che legano due ranghi paralelli si colleghino pure fra loro come si vede indicato dalle lettere *b, c, d.*

La figura 8 fa vedere un' eccellente maniera usata in Olanda per collegare i muri o massicci di una grossezza stragrande. Essa consiste nel formare le corsìe con ranghi di mattoni posati obliquamente, dando ai ranghi di ciascuna corsìa una direzione contraria, onde s' incrocino, come si vede indicato dalle lettere *e, f.*

Questa disposizione esige accomodamenti che si fanno in modi diversi. Il più semplice e proprio è di tagliare obliquamente il picciol lato dei mattoni. Se la parete deve essere apparente, dopo che il muro è fatto si uniscono le superficie tagliate con una pietra

di gres di una certa grossezza, immorsata in un legno che si frega sul muro coll' aiuto di due corde attaceate al legno. Per far bene quest' operazione occorrono tre uomini, due che la fanno andare col mezzo delle corde dall' alto al basso e in tutt' altro senso, mentre il terzo vi si appoggia per farla mordere umettando proporzionatamente la parte sfregata. Si giugne con questo processo usato in molte parti di Fiandra e d' Italia, a formare pareti perfettamente piane e regolari che fanno il maggior piacere a vederle.

Le figure 9, 10, 11, 12 e 13 rappresentano le diverse combinazioni che si possono formare con mattoni quadrati o mezzi mattoni posati in squadro o diagonalmente (1).

(1) La figura 5 della Tavola LXI rappresenta una specie di muratura variata o mista che è stata impiegata nel circo di Caracalla, o piuttosto di Gallieno, come pensa Fabretti. Ciò che m' induce a crederlo, indipendentemente dalle ragioni di quell' autore, si è che questo genere di costruzione differisce molto, sì per la forma che per la maniera poco accurata ond' è eseguito, da quello usato negli edifici costrutti al tempo di Caracalla, e fra gli altri le magnifiche Terme che portano il suo nome, fatte erigere sul monte Celio, e delle quali esistono ancora le maravigliose ruine.

Questa murazione il cui mezzo è di pietrame ha, come vedesi, le pareti formate alternativamente con un rango di pietruzze di tufo squadrate e con uno di mattoni triangolari. Questo genere di costruzione, che sembra più economico di quello le cui pareti sono tutte in mattoni, si è meno conservato che le costruzioni i cui rivestimenti non sono formati che di pietruzze di tufo squadrate.

La figura 8 indica una murazione anch' essa in pezzi di tufo a mattoni, tolta dalle ruine di Pompeia, ma molto meglio eseguita. Ciascuna corsia è alternativamente formata da tre ranghi di mattoni e da uno di pietruzze di tufo che sono presso a poco della stessa altezza. Questa costruzione, benchè più antica, è meglio conservata.

Abbiamo detto nel 1.º Libro che gli antichi fabbricavano mattoni di tutte le specie di forme, per le curvature, pei fusti delle colonne o per gli ornamenti d' architettura. Nondimeno supplivano talvolta al difetto dei mattoni fatti espressamente per le arcate, con pezzi di tufo tagliati in forma di cunei e posati alternativamente fra uno o più ranghi di mattoni.

Il famoso acquedotto di Caserta, eretto nel 1753 sotto la direzione di Vanvitelli, architetto di Carlo III re di Napoli, è costrutto in questo genere. Vi si vedono alternativamente due ranghi di pezzi di tufo alti circa 6 pollici sopra un piede scarso di lunghezza, e tre ranghi di mattoni formanti assieme la stessa grossezza dei pezzi di pietre. Questi tre ranghi di mattoni sono coperti d' un intonaco di cemento durissimo. Le commessure delle pietre sono murate collo stesso cemento. Tutta questa costruzione apparisce molto solida e si è conservata benissimo.

Vedi la tavola XX delle aggiunte ai Commentari di Frontino, dei quali abbiamo dato la traduzione francese, seguita da un ristretto d' Idraulica. — Un vol. in 4.º con 30 Tavole. — Stamperia Didot. Parigi, 1820.

CAPO TERZO

DEI MURI E MASSICCI IN MURAZIONE MISTA

Εμπλεκτον *degli antichi e murazioni moderne che vi corrispondono.*

Si può dare il nome di mista, come facevano i Greci, a qualunque murazione composta di elementi per forma e natura diversi, de'quali la malta forma il precipuo legame: tali erano i muri e i massicci che avevano troppo spessore perchè le pietre delle pareti opposte potessero congiugnersi ed incrociarsi fra loro. Il mezzo era empiuto da pietre brute posate a bagno di calce; e per dare maggior consistenza e solidità a questo genere di costruzione, avevano cura di legare le due pareti con grandi pietre che abbracciavano tutta la grossezza del muro. Questa muratura era usatissima dai Romani e Vitruvio biasima con ragione quelli che dopo aver fatte le pareti in pietre squadrate, in mattoni o in pietre di taglio, riempiono il mezzo con pietre gettate senza ordine colla malta. Questo difetto di posatura deve infatti render meno solide le costruzioni. Nelle costruzioni antiche di questa specie meglio conservate, ho osservato che i riempimenti in pietrame sembrano esser stati disposti con un cert' ordine, in guisa che sono tutti inviluppati da una quantità di malta presso a poco eguale, e nessun pezzo si tocca: questa quantità paragonata al volume dei pezzi di pietra è poco meno della metà. Ho anche osservato che la grossezza di queste pietre era proporzionata alla grandezza delle masse che formavano. Nei muri grossi due piedi ed anche meno, come sono quelli le cui pareti sono in pietre squadrate o in mattoni, le pietruzze dei riempimenti sono di grossezza minore del pugno (1).

(1) Bisogna attribuire alla buona qualità della malta dei Romani ed alla proprietà che avevano di formar con picciole pietre o mattoni costrutture solide e di facile esecuzione, il numero

La costruttura di questi muri sembra essere stata fatta, come abbiamo già detto, con incassamenti di specie di tavolati mobili fatti presso a poco come quelli che si adoprano pei muri formacei. I fori che si osservano nelle ruine di alcuni muri antichi di Roma stati spogliati delle loro pareti indicano la posizione delle traverse di legno che servivano a tali incassature; questi fori sono disposti in modo simile a quelli dei muri formacei che non sono ancora coperti d' intonaco.

Le figure 1, 2 e 4 della Tavola LXI, fanno vedere l' interno dei muri costrutti a commessure incerte e reticolari e il riempimento del mezzo in murazione di pietrame.

La figura 9 indica la disposizione dei rivestimenti di mattoni triangolari col riempimento intermedio e il modo con cui questi mattoni si legano nell' interno del muro. Vi si vede pure il rango dei grandi mattoni quadrati, situato a piedi romani 4 e 1/2 di distanza l' uno dall' altro, o 4 piedi e 1 pollice 1/2 del piede di Parigi, corrispondenti a 13 decimetri e 41 millimetri. Questi mattoni che hanno d' ordinario 2 piedi romani, 22 pollici del piede di Parigi, millimetri 596, formavano tutto lo spessore dei muri onde legare le due pareti col mezzo; essi corrispondevano alle pietre chiamate dai Greci *diatonous* e che i Francesi chiamano *parpains*.

considerevole di grandi edifici fabbricati sotto i regni degl' imperatori. Questo genere semplice, che permetteva d' impiegare migliaia d'operai in una volta sola, e che si prestava all' esecuzione di tutte le forme, rendea possibile ciò che sarebbe stato d' insormontabile difficoltà con altri mezzi. Le forme circolari e le volte esigono nella costruzione in pietre di taglio, ed anche in legno, cognizioni speciali, lavoro straordinario, materiali scelti o di considerevole volume, difficili da trasportare e da mettere a sito; producono molto consumo di tempo e di spese, mentre quelle in pietruzze divengono opere ordinarie che non domandano che alquanta cura.

Quando si percorrono le ruine degli antichi edifici di Roma si è maravigliati di vedere che sono stati quasi tutti costrutti con pietruzze informi che non eccedono la grossezza del pugno e che noi rifiuteressimo per le nostre più comuni costruzioni. Eppure sono stati costrutti in questo modo il palazzo degl' imperatori, la Casa aurea di Nerone che ne faceva parte, il tempio della Pace, il Panteon d' Agrippa, le terme, i circhi, le naumachie e la maggior parte dei teatri e degli anfiteatri.

I muri e i punti d' appoggio della maggior parte di questi edifici sono stati costrutti in murazione di pietrame rivestita di mattoni o di pietre di tufo. Si possono considerare come gettati, non formando che un pezzo solo, e si vede che fu necessaria la violenza per distruggere le parti che mancano, poichè quelle spogliate de' loro rivestimenti esistono in questo stato da molti secoli, e gli edifici o le parti di edifici antichi costrutti nello stesso genere, a' quali si è data un' altra destinazione, si sono conservati in istato buono del pari che gli edifici moderni costrutti di nuovo all' epoca che quelli si sono ristaurati.

La precauzione che avevano gli antichi costruttori Romani di battere la loro murazione ogni quattro piedi e mezzo, impediva l'abbassamento considerevole di cui è capace questo genere di costruzione; così in quasi nessuno de' muri antichi esistenti si vedono disunioni o screpolamenti. Questi muri spogliati delle loro pareti sembrano non formare che una massa sola.

I moderni hanno fatto, in più circostanze, murazioni a incassature, per fondazioni, opere nell'acqua o destinate a contenerne. Il loro processo è stato di formare con ghiaia grossa o ritagli di pietre e calce spenta di fresco una specie di malta o smalto. Ne' luoghi ove la calce è buona questo smalto ben fatto e battuto forma col tempo masse di un solo pezzo. A Lione se ne fa uso per fondare i pozzi, i moli, le pile dei ponti: se ne formano bacini che contengono l'acqua come i vasi di terra cotta.

Acciocchè questa murazione si dissecchi più presto, ed acquisti maggior consistenza è necessario che sia battuta.

In questa maniera si potrebbero edificare dei muri ove s'impiegherebbero tutte le qualità di frantumi e di pietruzze, facend'uso d'incassature mobili simili presso a poco a quelle che si usano pei muri formacei, dei quali abbiamo parlato e dati i disegni nelle Tavole IV e V.

Dei rivestimenti in pietre di taglio.

Nella maggior parte de'grandi edifici, non si fa che rivestire in pietre di taglio le costruzioni in muratura di pietre rozze o di pietrame, per dare all'esterno una più bella apparenza e talvolta anche una maggior solidità. È certo che in tutte le costruzioni che hanno grandi sforzi laterali da sostenere, i rivestimenti in pietre di taglio ne aumentano molto la solidità, perchè essendo soggette ad un minore abbassamento, esse oppongono una resistenza più forte.

Perciò bisogna distinguere due specie di rivestimenti, l'uno dei quali non è che una specie di fodera e non ha altr' oggetto che l'apparenza, e l'altro che ha per iscopo la solidità. Quelli della prima specie non debbono farsi che terminate le costruzioni principali, e di questi hanno fatto uso gli antichi Romani e gl' Italiani moderni per

le facciate di molti grandi edifici (1). In tanti luoghi d' Italia ed anche di Francia si trovano esempi di murazioni in pietrame o in mattoni con uncini per collegare le pareti in pietre di taglio di cui dovevano essere rivestite, il che non si eseguì dappoi.

Nel secondo caso i rivestimenti facendo parte della costruzione principale, e dovendo contribuire a sopportarne il peso e gli sforzi, esigono una cura particolare onde prevenire quant' è possibile le ineguaglianze d' abbassamento e gli accidenti che producono. Il mezzo più sicuro per evitarli si è di battere la murazione e di formare a diverse altezze de' spianamenti generali come si era praticato nel sepolcro di Cecilia Metella.

La disposizione delle pietre di taglio formanti questo rivestimento, rappresentato dalla figura 7 nella Tavola LXV, è la più propria a fare una costruzione solida che si leghi bene con la muratura interna; perciò non si vede veruno degli accidenti di cui è suscettibile questo genere di costruzione per gli abbassamenti ineguali che prova quando non si mettono in uso le precauzioni da noi indicate. Si osserva, che le parti distrutte e ruinate di questa specie di rotonda non sono in tale stato se non per lo strappamento delle pietre di taglio della sottobase e per effetto delle guerre, essendosi cangiata in cittadella nelle ultime guerre civili per servire di ritirata alla famiglia Gaetani.

Sulla tavola medesima si è rappresentata la piramide di Cestio, presso le mura di Roma, perchè è della stessa costruzione; le pareti B sono di marmo e il mezzo C in murazione di pietrame, figura 3.

La chiesa e la cupola di S. Pietro di Roma sono state costrutte in murazione di pietrame con rivestimenti di mattoni e di pietre di taglio. Ma siccome non si sono usate le precauzioni che ci hanno insegnato gli antichi, e che sono indispensabili quando i muri debbono sostenere un peso considerevole, ne è risultato che i muri e le sottobasi del tamburo della cupola hanno sofferto degli accidenti che si attribuirono alla spinta delle volte, mentre non sono che l' effetto dell' ineguale assettamento di cui la loro costruzione li rendeva capaci.

(1) Molti dotti viaggiatori che hanno esaminato e misurato la gran piramide d' Egitto con molta cura, hanno riconosciuto, dai diversi scavi fatti per penetrare nell' interno della massa, che essa era formata da pietre irregolari murate con una specie di malta composta di calce, di terra e d' argilla. Quest' immenso massiccio era ricoperto di un doppio rivestimento: il primo in pietra di taglio disposta a gradini, e l' altro in marmo o in granito formante le superficie esterne che erano liscie e pulite.

Le figure 1, 2 e 3 della Tavola LXVI rappresentano la pianta, la sezione e l'alzato esteriore d'una parte di questo muro, con uno di tali contrafforti, e il sottobasamento inferiore fino a tutto il di sopra dei grandi archi.

Il rivestimento interiore è in mattoni ricoperti d'un intonaco di stucco; le parti esteriori fra i contrafforti non sono munite che di un rivestimento di pochissima grossezza in pietra detta di *travertino*; il mezzo del muro è in muratura di pietrame; ma quest'ultima invece di essere stata disposta a strati e battuta, come facevano gli antichi, è stata fatta senza precauzioni con pietruzze informi e irregolari, e rottami di antiche costruzioni gettati senz'ordine colla malta. I contrafforti esteriori sono tutti in pietra di taglio come pure la parte esteriore del sottobasamento.

Dietro questa disposizione doveva necessariamente avvenire che la muratura in pietrame, corrispondente al maggior peso e suscettibile del maggiore abbassamento, respingesse nel condensarsi la maggior parte del peso sui rivestimenti: questo sopraccarico ha dovuto produrre tutti gli effetti che si sono manifestati, cioè le screpolature, le disunioni, le rotture, gl'infrangimenti, e la specie di lacerazione che ha staccato i contrafforti dal muro del tamburo, come anche le parti del sottobasamento sulle quali poggiano; questa disunione generale che è nel piano del corritoio F praticato nel sottobasamento, è indicato dalla lettera *f* nella pianta, figura 1 Tavola LXVI.

Quelli che hanno attribuito questi effetti alla spinta delle volte non hanno avvertito che se quest'effetto fosse stato potente abbastanza per disunire da tutte le parti i muri del tamburo, non avrebbero essi potuto resistere un istante ad uno sforzo divenuto ancor più grande per le disunioni della volta, nello stato di debolezza in cui si trovavano. Io mi sono assicurato, esaminando con attenzione tutte le parti danneggiate, che questi effetti erano una necessaria conseguenza dell'ineguaglianza dell'abbassamento delle diverse specie di costruzioni.

Il padre Jacquier, dotto matematico di Roma, col quale ho più volte visitato questo monumento, fu obbligato a convenire, dietro le mie osservazioni, che la causa principale di tali effetti doveva essere attribuita all'abbassamento ineguale delle costruzioni, e che gli effetti della spinta non erano che secondari. Tratteremo più par-

ticolarmente quest'ultima quistione nel Libro IX, e termineremo col dire che questo genere di costruzione, comunque possa essere ben fatto, non deve mai essere impiegato per muri o punti d'appoggio che hanno un grandissimo peso da sostenere.

Comparazione delle costruzioni in gesso con quelle in malta.

A Parigi ove il gesso ha molta forza i muratori mettono le più volte pochissima cura nelle opere di murazione; non si degnano di appianare i letti delle pietre, sovente le posano quali le trovano perchè sanno che il gesso che fa corpo tutto ad un tratto *soffre tutto*. Vedendo i muri che costruiscono, prima che sieno intonacati, non si può concepire come possano sostenersi e nondimeno esistono muri di facciata costrutti in questa maniera, che non hanno un mezzo metro di spessore, pollici 18, tutti traforati da finestre e che sostengono sei o sette ranghi di solai e il tetto superiore. La solidità precaria di questi muri non dipende che dalla forza del gesso che unisce le pietre delle pareti, e dagl'intonachi dello stesso genere da cui sono ricoperti.

Questa proprietà del gesso è causa che gli operai di Parigi fanno ordinariamente pessime le costruzioni in malta per la poca cura che vi mettono; perchè la malta non facendo corpo tutto ad un tratto è necessario che la disposizione del pietrame sia ben fatta abbastanza per sostenersi quando la murazione è troppo fresca.

Il gesso è molto più comodo per le costruzioni delle case comuni che non la malta di calce; ma conviene anche osservare che la solidità delle costruzioni in malta va sempre aumentando mentre quella delle opere in gesso va sempre diminuendo. Quando queste ultime sono esposte all'umidità o alle ingiurie dell'aria, hanno bisogno di essere rinnovate dopo quindici o venti anni.

Le opere in malta, assettandosi, prendono una consistenza più solida pel ravvicinamento delle loro parti; mentre quelle in gesso cangiano di forma aumentando il volume, si deformano e si contorcono per effetto del gonfiamento che è sempre contrariato da qualche ostacolo. Per questa ragione nelle città ove si edifica in malta di calce gli edifici appariscono più solidi che non quelli costrutti in gesso. I muri di facciata murati in malta si conservano piani ed a piombo, mentre

quelli in gesso si contorcono e perdono la verticalità, quantunque originariamente sieno stati fabbricati tutti piani come quelli in malta. Di questo effetto si accorge specialmente percorrendo le vie di Parigi; e dell'effetto contrario nelle città ove si costruisce in malta, come Lione, Bordeaux, Metz, Nancy, Lilla ecc. e nelle grandi città d'Italia come Torino, Milano, Genova, Venezia, Firenze, Roma, Napoli ed altre.

SEZIONE TERZA

COSTRUZIONE DELLE VOLTE IN MURATURA

CAPO PRIMO

DELLE VOLTE IN PIETRE ROZZE

Le volte possono essere costrutte in pietre di taglio, in pietre rozze, in mattoni, in pietrame, in gesso, in legno ed anche in metallo.

Talvolta si fa una mistura di queste diverse strutture, cosicchè si costruiscono volte parte in pietra di taglio, parte in pietre rozze o in mattoni e talora anche in gesso come in certi edifici gotici.

Si possono indicare sotto il nome di volte solide tutte quelle in pietre di taglio; di volte leggiere quelle in tufo, in pietra pomice o lava porosa, in mattoni vuoti, in gesso ed in legno; di volte medie quelle in pietrame o in mattoni pieni; e di volte miste quelle composte d' un aggregato di queste costruzioni diverse.

Nel Libro III abbiamo dettagliato tutto ciò che ha rapporto alla formazione delle volte in pietre di taglio, e una parte di ciò che ivi dicemmo può essere applicato alle volte in pietrame ed in mattoni: così per formare le volte solide è necessario che i ranghi dei mattoni o delle pietre sieno disposti come abbiamo spiegato alle pag. 101 e seguenti del Libro III; cioè che per le volte a crociera o a schifo è necessario che sieno paralelli all' asse delle parti di volta a botte di cui si compongono; per le volte coniche conviene che tendano alla punta del cono; e che per le volte sferiche, sferoidiche e conoidiche sieno per ranghi o corone

concentriche perpendicolari all' asse, come vedesi indicato dalla Tavola XXXII, supponendo le linee delle commessure più vicine le une delle altre.

Ecco i dettagli da me raccolti sulla maniera d'operare dei migliori lavoratori nel paese ove meglio si costruisce, e la ragione di questi processi secondo l' esperienza e la teoria.

Le volte in pietrame o in mattoni si eseguiscono sopra centinature formate di curve in tavole di abete posate in coltello e raddoppiate nei punti delle commessure, spaziate di circa mezzo metro e fermate su traversi collocati lungo i muri e sostenuti con travi all' altezza delle origini: quando le centine hanno un gran diametro vi si aggiungono altre traverse nel mezzo e ne' fianchi con altre travi per sostenerle. Tutte queste travi sono tenute ferme da pezzi di abete messi a traverso e inchiodati sopra.

Quando la volta debb' essere costrutta in malta si tracciano le curve su tavole più sottili posate in traverso e inchiodate in modo da formare il modello della volta e da servire ad essa in certo modo di appoggio. Se essa debb' essere costrutta in pietre rozze, dopo averle grossolanamente foggiate col martello, stendesi uno strato di malta nel luogo ove devono essere collocate, tanto sulla centinatura quanto sui pezzi già posati coi quali si accordano. Prima di metterle a sito si ha cura di bagnarle in un vaso d' acqua acciò prendano meglio la malta e posandole si battono col martello per farle congiugner bene in guisa che sieno sempre in isquadro o perpendicolari alla superficie della centinatura, e che la commessura inferiore sia più picciola della superiore; ma siccome il maggior sforzo si fa dalla parte intermedia contro le commessure superiori, si ha cura di munirle con iscaglie di pietra: perciò in molti paesi si adopera una specie di pietra che si sfalda come l' ardesia.

Conviene anche avere cura acciò i pietrami di ciascun rango sieno posati in modo che si colleghino gli uni cogli altri. Nelle volte a crociera ed a schifo, per formare gli spigoli saglienti e rientranti, si dispongono come vedesi nelle figure 1 e 2 della Tavola LXVII.

I processi indicati sono gli stessi per le volte in mattoni, ma siccome la loro forma è più regolare e sono di minor volume dei pietrami, le commessure superiori non hanno bisogno di essere fortificate. Le volte di mattoni debbono lasciarsi più tempo sulle cen-

tine per evitare il maggiore abbassamento di cui sono capaci, e che potrebbe produrre disunioni talvolta pericolose quando si levano le centinature prima che la malta abbia acquistato una certa consistenza. Molte volte che avevano le forme e le dimensioni necessarie per sussistere solidamente sono cadute per essere state disarmate troppo presto o senza precauzioni.

CAPO SECONDO

DELLE VOLTE IN MATTONI

Volte in mattoni comuni, per gli appartamenti.

I mattoni per formare una volta si possono disporre in due maniere diverse indipendentemente dalla direzione dei ranghi. Si possono mettere in coltello secondo la larghezza o la lunghezza, o piani come pei mattonati, in ragione della forza e del collegamento che si vuol dare alle volte. Vedremo in appresso che gli antichi costruttori romani hanno fatto uso di questi due mezzi per fortificare la superficie interna delle loro grandi volte, il corpo delle quali era formato di murazione in rottami, e per sollevare le centine di assi, sulle quali le costruivano.

I costruttori moderni hanno impiegato questi due mezzi nella costruzione delle volte formanti solaio; e per diminuire l' altezza hanno dato pochissima elevazione alla curvatura di esse. Alcuni per accordarle colla verticale dei muri hanno formato questa curvatura con semiellissi o imitazioni di questa curva estremamente sceme, in guisa che non hanno d'altezza che il dodicesimo e talvolta il quindicesimo della larghezza; altri poi le hanno fatte con archi di cerchio. Finalmente, siccome il gesso ha la proprietà di far corpo prontissimamente, esso si è sempre preferito alla malta di calce quando è stato possibile averne.

Circa a quello che abbiamo detto sopra queste specie di volte, che d' ordinario s' indicano sotto il nome di volte piane, osserveremo che il posare i mattoni in coltello è quello che meglio conviene alle grandi volte, e specialmente a quelle murate in malta di calce.

Essendo paralelle le faccie dei mattoni, più sarà grande il raggio della curvatura meglio si accomoderanno, specialmente se la curvatura è formata con un arco di cerchio che ha dovunque una curvatura eguale; ma se è formata da una semiellissi o da una curva dello stesso genere, variando essa a ciascun punto, ne risulta che

lo spessore delle commessioni di essi all' estradosso aumenta andando dalla sommità alle origini; in modo che l' assettamento non potendosi fare in guisa uniforme, dev' essere più grande per le parti inferiori che per le parti superiori, il che cagiona quasi sempre una disunione ai reni, sopra tutto quando trattasi di volte murate in malta di calce. Per evitare quest' effetto conviene aver cura di guernire tali commessure esterne con pezzi di mattoni.

Nelle volte murate in gesso, lo sforzo di questa materia essendo considerabilissimo produce una maggior spinta contro i muri. In quanto alla curvatura, indipendentemente da ciò che abbiamo detto su queste specie di volte nel Libro III, pagine 53 e seguenti, la sperienza ha fatto conoscere che la curva più conveniente ad esse è un arco di cerchio, per ciò che la maggior curvatura delle volte ellittiche alle origini, non può aver luogo che a scapito di quella intermedia, d' onde risulta che in queste ultime la parte di mezzo essendo più piana, deve produrre maggior spinta in ragione della sua minor curvatura.

Nell' antico palazzo della Guerra a Versailles, si sono eseguite invece di solai di legno, volte piane di mattoni in coltello murati in gesso; ma in luogo di disporli a ranghi paralelli all' asse, si sono formati degli archi applicati gli uni contro gli altri come vedesi rappresentato dalle figure 11 e 12, Tavola LXVII. Siccome queste volte sono a botte formata da un solo arco di cerchio, la cui saetta non è che il quattordicesimo della sua larghezza, non si è avuto bisogno per costruirle che di una centinatura mobile di assi, larga un metro circa, che si faceva scorrere dopo aver fatto la parte di volta cui corrispondeva, e così di seguito. Perciò si erano collocate lungo i muri, all' altezza delle origini, travi diritte ed orizzontali fermate solidamente, sulle quali la centinatura poteva strisciare senza scomporsi; questa centina poi era sostenuta nella sua portata da uno o due altri travi secondo la larghezza del vano.

Quando si era terminata la volta di un locale se ne empivano i reni con rottami murati in gesso, e si posava sull' estradosso ridotto a livello, uno o due tiranti di ferro, secondo l' ampiezza del vano, per impedire lo slogamento dei muri. Tanto nel palazzo della guerra come in quello degli affari esteri si sono costrutti cinque piani di volte le une sulle altre, e tutte si sono conservate sino ad ora in buono stato: la maggior parte dei locali hanno 18 piedi di larghezza sopra 25 di

lunghezza. Su queste volte si sono formate nei differenti piani tramezze di distribuzione in mattoni posati in piano, portanti col loro intonaco 5 in 6 pollici di spessore; ed ove passano le canne dei cammini le volte sono sostenute da fascie di ferro codate e infisse nei muri.

Questa disposizione di mattoni può del pari aver luogo per le costruzioni di volte in malta, formando la centinatura per tutta la estensione e lasciandola finchè la malta abbia acquistata una consistenza conveniente. Io penso anche che queste volte avrebbero minor spinta di quelle formate con ranghi di mattoni paralelli ai muri che li sostengono, in causa del legame de' mattoni che impedirebbe si facessero disunioni nel senso della loro lunghezza. I reni sarebbero riempiti con rottami murati in malta di calce fino al livello con tiranti di ferro piani come per quelle in gesso.

Le volte murate in gesso possono essere impiegate con successo pei luoghi asciutti ed al coperto dalle intemperie dell' aria; ma in ogni altro caso debbono essere preferite quelle in malta, mentre il gesso si decompone e perde tutta la sua forza all' umido.

Volte formate con mattoni posati in piano e murati in gesso.

Questa maniera di costruire le volte, che ha qualche rapporto, come in seguito vedremo, col processo impiegato dagli antichi costruttori Romani, ci viene dal dipartimento de' Bassi-Pirenei, poc' anzi Roussillon, ove è in uso da tempo immemorabile. Il maresciallo di Belle-Isle che ne aveva veduto fare nel paese, è uno dei primi che ne abbia fatto eseguire per guarentire dagl' incendi i fabbricati delle scuderie e rimesse e de' granai nel suo castello di Bisy presso Vernon. Ond' essere più sicuro della riuscita fece venire operai del paese. Le volte più grandi che fece eseguire sono quelle delle scuderie, lunghe circa 40 metri e larghe 10. Queste volte erano a botte con una curvatura la cui altezza era il quinto della larghezza interna. Esse non furono fatte che un anno dopo terminati i muri e la copertura, e quando si giudicò che i primi avessero sofferto tutto l' abbassamento di cui erano suscettibili, tanto per causa del suolo quanto della costruzione, che era di pietrame con catene di pietre distanti quasi cinque metri. Lo spessore di questi muri era di circa 82 centimetri, cioè il dodicesimo della larghezza interna. Costruendo il muro, si era praticata una

specie di traccia di 15 in 16 centimetri di profondità all'altezza delle origini, con corsìe sopra a immorsature, per collegarle col massiccio dei reni, come vedesi espresso nelle figure 13 e 14.

Per questa volta non si fece fare che una parte della centinatura in tavole lunghe un metro, posate su travi messe a livello lungo i muri, sostenute da paloni all'altezza delle origini, e da altri nel mezzo solidamente fermati in modo da poter farvi strisciare sopra la parte della centinatura, dopo aver compiuta la parte di volta corrispondente (come già si è detto per le volte del palazzo della guerra) nella quale si erano lasciate immorsature per collegare la parte seguente. Per costruire la volta si cominciava dal nettar bene ed irrigare la parte della traccia che doveva ricever la origine; si posava quindi un primo rango in piano sulla curvatura mettendo del gesso sul lato grande del suo spessore, che doveva servirgli di letto, e su quello ad angolo che doveva congiugnersi con quello già a sito: prima di porvi il gesso, ciascun mattone era tuffato in un vaso pieno d'acqua che l'operaio si teneva vicino, onde facilitare una più forte unione del gesso col mattone. Fatti per tal modo i due o tre primi ranghi sopra le origini, se ne posava un secondo per raddoppiare la volta in modo da incrociare le commessure del primo in tutti i sensi: perciò si posava il primo rango sul lato piccciolo del suo spessore e riducevasi a tre quarti della sua lunghezza, onde toccasse il mezzo del secondo rango della parte inferiore. Gli altri ranghi di mattoni si posavano come d'ordinario sul lato più lungo. Prima di posare questi mattoni si metteva sui primi uno strato in guisa d'intonaco su cui si applicavano i mattoni del secondo dopo averli bagnati, e messo il gesso sui lati della grossezza che dovevano congiugnersi cogli altri. La volta si cominciava nello stesso tempo dalle due origini opposte onde caricare egualmente la centinatura; e quando si era giunti al mezzo, se lo spazio che doveva occupar la chiave era più largo o più stretto dei mattoni, si tagliavano in modo da poter essere posati sulla loro larghezza o sulla lunghezza.

Gli operai hanno perciò un martello con un lato tagliente, mentre l'altro loro serve a dar uno o due colpi leggieri per meglio far congiugnere i mattoni mettendoli a sito. Vi sono operai che non fanno che muoverli spingendoli sulle commessure della grossezza, mentre in questo solo senso si devono colpire e mai sul piano dei mattoni.

I reni non si sono riempiuti se non dopo che le volte erano

del tutto finite, con pietrami murati in gesso ed appianati all' altezza della chiave. Per le picciole volte, invece di empirne i reni vi si sono formati de' muricci di sperone in mattoni messi in piano spaziati di un metro circa. La maggior parte di queste volte non hanno d' altezza di curvatura che il dodicesimo della larghezza: sono esse terminate nell' interno, da un intonaco di 8 in 9 linee di grossezza con una cornice presa sulla curvatura della volta onde farla comparire più piana; si sono pure affettate le cornici con gole grandissime per dare ad esse maggiore elevazione e nascondere la piegatura che formano le volte coi muri, quando la curvatura è un solo arco di cerchio.

Osserveremo che le curvature mobili non sono punto di sì grande vantaggio per questa maniera d' operare come per quella impiegata nelle volte dell' uffieio della guerra, perchè è più difficile far bene le unioni ogni volta che si avanza la centinatura in causa dell' addentellato che si deve lasciare per formarne il legame.

D' altronde questi pezzi di volte fatti separatamente sono soggetti ad agire con diversi sforzi relativamente alla spinta del gesso. Di più se si considera che devesi por sempre delle travi e dei puntelli per sostenere la curvatura e farla appoggiare per tutta la lunghezza del pezzo, e che il tempo di far scorrere la centina mobile, di accomodarla e far gli accordi può produrre una spesa più considerevole che non è l' economia della centina e produr costrutture delle quali si è meno sicuri, si preferirà il fare una centina intera per ciascun locale come è di pratica. Si può anche considerare che le centine mobili non sono praticabili che per le volte a botte, che sono le meno adoperate per gli appartamenti; si preferiscono ad esse le volte a schifo che si accordano meglio colle cornici e spingono molto meno.

Le volte piane a schifo sono anche chiamate imperiali in causa della loro somiglianza col cielo delle carrozze portanti questo nome. Esse si eseguiscono, come le precedenti, su curvature di tavole formate di curve posate su travi messe a livello lungo tutti i muri. Queste curve si accordano con altre curve disposte secondo le diagonali che corrispondono agli angoli rientranti, come vedesi rappresentato dalle figure 15, 16 e 17.

Per facilitare l' esecuzione di queste specie di volte non si coprono le centine di tavole se non a misura che si costruiscono. Così dopo aver inchiodato tutto all' intorno un primo rango di tavole, si

posa uno o due ranghi di mattoni tutti all' intorno, collo strato doppio, operando come testè abbiamo indicato. È necessario aver cura di non ricominciare un secondo rango che quando è del tutto finito il precedente.

Successivamente si posano le tavole a misura che si va avanzando. Gli operai sono posti su ponti leggieri inclinati secondo la corda della semicurvatura della volta ond' essere più comodi ad operare.

Non si cessa di coprire le centine con tavole se non quando lo spazio non è più bastantemente grande per potervisi tenere. Il di più si termina pel di sopra osservando le stesse precauzioni onde i mattoni sieno ben legati e muniti di gesso nelle commessure e in tutte le loro faccie, perchè tutta la solidità di queste specie di volte dipende dal gesso che le unisce: ma questa forza, nelle volte ben fatte è maravigliosa. Prima di terminare le volte del castello di Bisy si fece cadere sulla prima volta dall' altezza di 4 in 5 piedi una pietra pesante 4 in 5 mila libbre che non fece che il suo foro, e il restante della volta rimase solido malgrado tale rottura.

Il conte d'Espie, che nel 1754 ha pubblicato una memoria su questa specie di volte, riferisce molti fatti e sperienze che tendono anche a provarne la solidità. Un gentiluomo in Linguadoca avendo fatto costruire una di queste volte piane su vecchie muraglie ve n' ebbe una che qualche tempo dopo uscì dalla sua verticale e si separò dalle altre in guisa che fra questo muro e la volta rimase una considerevole apertura alla sua origine, per modo che era in aria in tutta questa parte e non era sostenuta che da tre lati. I muratori cercati per rifabbricare il muro non vollero dapprima porvi mano, ma quando videro all' indomani che la volta era nello stesso stato presero ardire, demolirono il muro, e lo ricostrussero collegandolo colla volta.

Un' altra persona prima di determinarsi a fare di queste volte piane fece fare un quadro di legno, composto di pezzi che si univano con piaghe fermate da viti; si costruì in questo quadro una volta imperiale di una tesa quadrata coll' elevazione di un piede circa. Fatta che fu e ben secca, si smontò il quadro senza che la volta si muovesse; si fece andare quindi pel tavolato della sala ove fu costrutta, spingendola da un capo all' altro senza che ciò la potesse rompere; quindi si caricò di tante pietre quante se ne poterono mettere senza che provasse la più piccola alterazione; finalmente si cercò di distruggerla

caricandola di pietre che molti vi gettavan sopra con tutta forza; queste fecero dei fori dopo molti colpi, ma non la distrussero del tutto che abbattendola a pezzi.

Un altro avendo fatto fare una volta imperiale, la fece segare nei quattro lati, eccetto gli angoli; e questa volta isolata dai muri fu caricata da un peso considerevole senza che ne risultasse il minimo effetto.

Ecco la prova che l' autore dice di aver fatto lui stesso sopra una volta imperiale fatta costruire in un vano che aveva più di quattro tese e mezzo di lato. Appena fu compiuta, la fece caricare nel mezzo facendovi dispor sopra 1750 grandi mattoni pesanti 25 libbre per ciascheduno, il che produceva un peso di 43,750 libbre, che vi lasciò sopra per due giorni. Un peso sì grande fece tremare gli operai che l' avevano fatta: si lagnavano perchè si metteva quella loro volta ad una prova troppo grande essendo i reni ancora vuoti, aggiugnendo che se si facevano empire come dovevano essere vi si potrebbe metter sopra quel peso che si volesse, che non temevano di nulla. Si fece scaricare questa volta e non aveva provato la minima alterazione.

Fece traforare un' altra volta fatta di recente, in sette o otto luoghi diversi. I fori che erano ben vicini gli uni agli altri avevano circa 6 pollici di diametro; si camminò sui margini dei fori, si caricò la volta, si percosse e tutto ciò non produsse il minimo effetto.

Finalmente in una parte di fabbricato di 3 tese di larghezza interna sopra 4 tese e 4 piedi di lunghezza in opera, i muri del quale avevano 2 piedi di grossezza e 42 di elevazione, fece fare tre di queste volte una sull' altra, e sull' ultima fece costruire ciò ch'ei chiama un tetto mattonato. Per dare un'idea del peso di queste coperture, rappresentate dalle figure 18, 19 e 20 della Tavola LXVII, ne faremo la descrizione secondo l' opuscolo precitato. Sulla ultima volta che doveva portare il tetto mattonato si elevarono tramezze formanti da una parte l' inclinazione del tetto e sopportando dall' altra una volta schiacciata di 5 piedi di diametro e formante un corritoio nel mezzo sotto la punta del tetto, onde poter andarvi in caso di necessità. Lo spessore di ciascuna tramezza fu formato di due mattoni in coltello con entro uno strato di gesso per unirli; i mattoni hanno 15 pollici di lunghezza sopra 10 di larghezza e 2 di spessore. Queste tramezze

che hanno alquanto più di 4 pollici di apessore sono distanti un piede l' una dall' altra; sono riunite all' alto per formare la inclinazione, con due ranghi di mattoni posati in piano legati gli uni sugli altri. Siccome questi mattoni sono lunghi 15 pollici e le tramezze non distano che 12 pollici, poggiano essi un pollice e mezzo su ciascuna tramezza.

La volta di mezzo è sostenuta alla aua origine da un rango di questi mattoni; essa è formata, come le grandi volte, di un doppio rango di mattoni posati piani. Sul doppio rango di mattoni formante l' inclinazione del tetto, sono posate le tegole concave di terra cotta, murate in malta. Aggiugnendo a questo dettaglio, che ciascun mattone pesa 25 libbre, si può giudicare il peso enorme di questa specie di tetto e la forza della volta che lo sostiene. Ciò che v' ha di maraviglioso, dietro il rapporto dell' accademia di Toloaa, si è che in tale costruzione non si è impiegata nessuna catena o tirante di ferro.

Dietro tutto ciò che abbiamo esposto, il conte d' Espie si crede autorizzato a sostenere che non è necessario un grandissimo spessore nei muri ben costrutti per sostenere tali specie di volte che non hanno spinta e che non formano che un sol pezzo, più capace a fermare i muri che di agire per rovesciarli; avendogli fatto conoscere l' esperienza che le tramezze di 4 in 5 pollici resistono alle volte di 4 tese di diametro. Le sperienze da noi poc' anzi citate sulla forza con cui il gesso può unire i mattoni sembrano giustificare quest' opinione; e penso con quest' autore che una volta di simil genere ben fatta, che non abbia provato nè rottura nè disunione non deve avere veruna apinta. Ma siccome vi è una infinità di accidenti estranei alla costruzione delle volte, che possono produrne specialmente in quelle a botte, è prudenza il non fidarsi interamente alla forza del gesso; qualche catena di ferro situata convenientemente può impedire qualunque sinistro. Le volte imperiali o a schifo sono meno soggette a disunirsi, ed occorrono circostanze straordinarie perchè possano aver luogo tali effetti.

Volte piane del palazzo Bourbon.
(Tavola LXVII.)

Per evitare gli angoli rientranti delle volte a schifo si sono formate le volte piane di questo palazzo curvate sui quattro lati come parti di volte asferiche; l' arco di cerchio formante la curvatura

di queste volte ha di salita la dodicesima parte della sua corda o lato del vano.

Queste volte sono murate in gesso in due maniere. La prima con quadrelli o mattoni quadrati di 8 pollici sopra uno di spessore, posati in piano, collegati e raddoppiati come quelli di cui abbiamo parlato. Anche queste volte si costruivano su centinature formate con curve di tavole in coltello sulle quali s'inchiodavano panconcelli invece di tavole. I mattoni erano posati a rombo; il di sopra dell' estradosso era fortificato da muri di sperone in mattoni piani, distanti uno dall' altro circa un metro. Ve n' ha di quelli che sono riuniti da picciole volte per non caricare i reni.

La seconda maniera è con mattoni comuni posati in coltello ed a ranghi paralelli ad una delle diagonali. Esse sono costrutte su centine simili alle precedenti e con contrafforti sull' estradosso distribuiti e riuniti egualmente con tiranti piani di ferro distanti uno dall' altro 9 piedi e fermati esternamente da chiavi. Si ha cura di dirigere in senso contrario i ranghi di mattoni delle volte che si congiungono onde si controspingano. Del resto queste volte non hanno nulla di straordinario, essendo trattenute da forti catene di ferro e da muri grossissimi.

I tetti rappresentati dalla figura 21 sono formati con mattoni quadrati di 8 pollici sopra uno di spessore, posati piani e raddoppiati. La volta interiore è a tutto sesto con una parte retta al basso, inclinata presso a poco secondo l' inclinazione dei tetti alla *mansarde*. Per la parte superiore si è formata una porzione di arco gotico, e superiormente due altre parti piane, per formar la punta del tetto il cui angolo è circa 104 gradi. Nei vuoti interiori si sono lasciati i triangoli di legno che hanno servito a sostenere i mattoni per costruire queste parti di volte. Gli abbaini sono in mattoni. Questa disposizione vale molto più di quella dei tetti mattonati, proposti dal conte d' Espie. Il basso è puntellato dalla parte retta che forma il pendìo fino alla gronda e dai muricci laterali degli abbaini; sarebbe stato utile il non lasciar vuoto in questa parte onde metterla più in istato di resistere allo sforzo della parte superiore, che è triplo, nel caso che per un accidente qualunque si facesse una rottura sopra gli abbaini che è la parte più debole. In luogo delle tre parti formanti la punta del tetto sarebbe stato meglio fare un solo arco gotico fino dall' origine, legato colla parte retta del basso, onde dargli maggior solidità, come lo indica la figura 22 della stessa Ta-

vola. Si osserva ancora che i mattoni piani impiegati in questa costruzione sono un po' troppo sottili; essi avrebbero dovuto avere almeno un polliee e mezzo di spessore.

Volta del Mercato dei grani di Parigi.

Il Mercato de' grani eostrutto nello spazio dell' antieo palazzo dei Sassoni può essere riguardato eome uno dei begli edifiei pubblici di Parigi. Esso è rimarchevole per la sua disposizione, per la sua solidità e per la maniera ond' è costrutto. Il diametro esteriore di questo edifieio, ehe è di pianta eireolare, è metri 68 2/5 o 38 tese, sopra metri 14 6/10, tese 7 1/2, di spessore, con una eorte rotonda nel mezzo, di metri 39, tese 20, di diametro (1).

La costruzione di questo monumento è dovuta a M. Camus de Mézières, abile arehitetto ehe si era proposto di farlo incombustibile non impiegandovi legno.

I portici del pianterreno, figura 1, Tavola LXVIII, sono formati da un doppio rango di volte a eroeiera costrutte in mattoni e in pietre di taglio, i pennaechi delle quali nel mezzo sono sostenuti da piloni rotondi o eolonne. I muri di facciata sono tutti perforati da 25 areate ehe si eorrispondono.

Si ascende al piano superiore con due scale in pietre di taglio di bellissima esecuzione.

Questo piano superiore forma un immenso granaio che oeeupa tutto il fabbricato; la sua volta, ehe è rialzata, è pure eostrutta in mattoni e pietre di taglio, figure 2 e 3. Questo granaio ha 10 metri e 36 centimetri di larghezza, e 155 metri e 13 eentimetri di perimetro, preso nel mezzo, ed è illuminato da 50 finestre. La volta è divisa da arehi raddoppiati in pietra di taglio, formanti catena ed estradossati seeondo l' inelinazione del tetto, figure 3 e 5. Questi archi raddoppiati sono

(1) Nel progetto dell' autore questo cortile doveva essere coperto in un modo del pari ingegnoso che pittoresco, ma egli non ebbe la fortuna di dar l' ultima mano all' opera sua. Le disposizioni da lui adottate per ciò si trovano nella *Raccolta delle diverse piante e disegni concernenti il Mercato dei grani*, da lui pubblicati a Parigi nel 1769. Quest' opera essendo divenuta rara in oggi abbiamo creduto dover conservare nella sua integrità il progetto di Camus de Mézières nella figura che diamo di questo monumento nel Libro IX, come quello che può servir di modello in questo genere, e per omaggio alla memoria di questo dotto costruttore.

distanti circa metri 2 1/2 l'uno dall'altro: le parti intermedie sono di mattoni in coltello, ed hanno 24 centimetri (9 pollici) di spessore. La superficie del tetto fra gli archi raddoppiati è formata da una doppia volta di mattoni posati in piano, munita di fascia da un arco all'altro, figura 4.

Il di sopra di queste parti di volta è stato appianato per formare la parte sagliente del tetto, che è coperta di tegole (1).

Delle volte in vasi vuoti.
(Tavola LXVII.)

Siccome le volte piane di mattoni posati in coltello o in piano non sono riuscite sempre, alcuni costruttori senza esaminarne le ragioni hanno immaginato di fare delle volte in vasi o mattoni vuoti. Questo mezzo che presenta il vantaggio di formar volte più leggiere è stato adottato con avidità; se ne sono fatte di affatto piane che non si sono sostenute che coll'aiuto di tiranti di ferro disposti in tutti i sensi, profusi nella loro costruzione. Se ne sono fatte anche di curve colle armature di ferro, col mezzo delle quali esse si sostengono; in guisa che all'epoca in cui scrivo è il processo più usitato per le volte pe'solai degli appartamenti ove non si vuole impiegar legno.

Si sono date a questi mattoni vuoti diverse forme e dimensioni; taluni gli hanno fatti a basi quadrate con incavature e fori nelle faccie affinchè il gesso vi si attacchi meglio; ve n'ha di quadrati sull'altezza e di rotondi al basso; altri hanno la base rettangolare come pietre brute. Ne ho veduto a base esagona per formare il mattonato al di sopra, figure 23, 24, 25 e 26. I lati o diametri delle basi di questi mattoni, hanno dai 9 ai 20 centimetri e dagli 11 fino ai 25 centimetri di altezza. Del resto, siccome quasi sempre si fanno fare espressamente, ciascuno dà ad essi la forma e le dimensioni che

(1) Nel 1782 il cortile fu coperto di una cupola composta di curve in tavole posate in coltello, secondo il sistema di Filiberto de l'Orme; ma l'avvenimento che la distrusse ha fatto sentire l'insufficienza di questo genere di costruzione e la sua inconvenienza rapporto alle altre parti dell'edificio. Nella memoria da me pubblicata in tale incontro si possono vedere i mezzi dettagliati per eseguire solidamente questa cupola ed altre grandi volte di questo genere, in quattro diverse materie, cioè: in pietre di taglio, in mattoni, in legno e in ferro. — Volume in 4.° con 3 tavole. Parigi 1803.

crede più utili, il che li rende più o meno costosi; ma il prezzo minore di essi è sempre al di sopra di quello dei mattoni pieni, onde non è l' economia che li fa preferire, ma la certezza di riuscire. Le figure 27 e 28 indicano i mattoni a sito, e le figure 29, 30, 31, 32 e 33 la loro disposizione in pianta, tanto al di sopra che al disotto.

Quando con questi mattoni si vogliono costruire solai affatto piani è meglio far passare i tiranti o armature nella grossezza che non al di sopra; essi devono essere più presso alla parte superiore che sia possibile e in reggie di ferro posate in coltello. La figura 24 indica l' incavo fatto nei mattoni per farvi passare questi tiranti. Per la centinatura di esse non occorrono che alcune travi appuntate per disotto con tavole a traverso o panconcelli per sostenere i ranghi de' mattoni a misura che si posano. In questa operazione si debbono usare le stesse cure e precauzioni indicate pei mattoni pieni, cioè di bagnarli nell' acqua prima di metterli a sito, di ben munire le commessure con gesso o con malta, perchè se ne potrebbe servire pei luoghi umidi e posarli collegati. Le volte del tutto piane hanno bisogno di maggior spessore di quelle che sono arcuate; questo spessore non potrebbe essere minore della trentesima parte della larghezza, ed anche si darà un poco di altezza nel mezzo, cioè un centesimo della larghezza sopra la linea di livello. Non si consiglia di usarne per vani di larghezza eccedente i 7 od 8 metri. Siccome i mattoni cavi non si possono tagliare è quasi sempre necessario formar la chiave con mattoni ordinari, del pari che gli angoli nelle volte a crociera ed a schifo. In quanto al rimanente, le volte a superficie curve in mattoni incavati possono eseguirsi su curvature in tavole come quelle di mattoni piani (1).

(1) La pianta della chiesa di S. Vitale di Ravenna, che trovasi nella Tavola LXIX, figura 3, presenta un edificio ottagono fabbricato nel sesto secolo, con una parte in isporto formante il coro e le cappelle che sembrano costrutte posteriormente.

La gran cupola nel mezzo, che ha metri 16 9/10, 52 piedi, di diametro è formata con tubi laterizi invece di mattoni, che s' internano gli uni negli altri, come vedesi nelle figure 6 e 8 formando una spirale invece di ranghi concentrici. Questa volta, che è a tutto sesto, ha i suoi reni muniti fino a circa 36 gradi, 2/5 dell' altezza, di una muratura fatta con vasi di terra cotta, la forma e le dimensioni de' quali sono indicate dalla figura 7, ond' evitare il peso nel fortificarla. La parte della volta che si stacca dal muro è formata al basso da tre grossezze di tubi, e da due all' alto, come vedesi nella sezione, figure 4 e 5.

L' impiego dei vasellami per alleggerire i massicci di murazione e principalmente le volte, non risale punto oltre i primi tempi della decadenza dell' arte in Italia. La volta del sepolcro di S. Elena madre dell' imperatore Costantino, che vedesi a Roma sulla via Labicana, era costrutta in questa maniera.

CAPO TERZO

DELLE VOLTE IN MURAZIONE MISTA

Gli antichi Romani che a quanto sembra nei primi tempi hanno imitato i Tirreni nei diversi processi dell' Arte di Edificare costrussero com'essi volte in pietrame; specie di murazione composta come abbiam detto di pietruzze informi mescolate colla malta di calce. Rendendo massiccio questo miscuglio in incassature o sulle centine ricoperte di tavole pervenivano a formar volte e muri per così dire di un solo pezzo. Nel territorio dell' antica Etruria si trovano ancora varie opere degli inventori di questo genere di costruzione, e fra le altre la piscina scoperta nel 1739 presso Volterra, l' antica Volaterrae, rappresentata dalle figure 1 e 2 della Tavola LX, di cui si è parlato nel primo Libro. Così nel lago d' Albano si vede una volta eseguita in pietrame accordata con archi in pietra di taglio che si possono riguardare come una delle prime opere dei Romani in questo genere.

Nel discorso messo in fronte alla Sezione IV del terzo Libro abbiamo esposte le ragioni che loro hanno fatto preferire la costruzione in pietrame per le volte di forma alquanto complicata. V' è luogo a credere che quando intrapresero a coprire di volte gli spazi considerevoli pensassero a combinare assieme come avevano fatto pei muri questo genere di muratura colla costruzione in mattoni. In molti de' loro edifici, come nelle Terme di Caracalla, impiegarono per la parte di mezzo delle grandi volte una specie di lava porosa, leggiera quasi come la pietra pomice, ma più comunemente collegavano la muratura di pietrame A, con catene di mattoni B, rappresentate in prospetto dalla figura 3, e in profilo dalla figura 4, Tavola LXVII: in tal modo sono

Vedonsi pure de' vasi disposti in due ranghi nella cima di una calotta che copriva un antico edificio presso la Torre de' Schiavi non lungi da Roma fuori di Porta maggiore sulla via Prenestina.

I teatri e gli anfiteatri antichi offrono anch' essi molti esempi di questo processo per alleggerire la costruzione delle volte.

costrutte le volte delle Terme di Diocleziano, del Colosseo, del tempio di Minerva medica, volgarmente detto Galluzo (1), rappresentato dalla figura 1 della Tavola LXIX.

Nelle Terme di Caracalla e nella Villa Adriana, ne ho veduto di quelle che sembravano costrutte nella seguente maniera: sulle centine coperte di tavole, delle quali vedesi l'impronta sotto l'intonaco di stucco di cui sono rivestite, si è cominciato a stendere un forte strato di malta grosso più di un pollice; su questo strato sono posati in piano quadrelli o mattoni ciascuno di 2 piedi romani di lato (pollici 22, centimetri 58 1/2) e grossi 2 once (linee 22, millimetri 50) per le grandi volte di 50 in 60 piedi di diametro, e di un piede romano e 1/2 in quadrato (16 pollici 1/2, 43 centimetri, e 20 linee o 45 millimetri) per quelle che erano al di sotto di 30 piedi di diametro. Coperto questo primo mattonato in grandi mattoni con un secondo strato di malta grosso un pollice circa, se ne formava un secondo con quadrelli più piccioli, ciascun lato de' quali era 8 once, 2/3 del piede romano, sopra linee 18 di grossezza (40 millimetri) disposto in modo che le commessure incrociano quelle del primo.

Nello stabilire questo secondo mattonato, coi grandi quadrelli di 2 piedi romani in quadrato si formavano come de' peducci vuoti, il fondo de' quali era composto di piccioli quadrelli formanti una fascia eguale alla larghezza dei grandi, come si vede rappresentato dalle figure 5 e 6 della Tavola LXVII.

I quadrelli grandi indicati dalla lettera C sono posati perpendicolarmente alla superficie della curvatura e il mezzo D riempito di murazione in rottami. Questa disposizione avea per oggetto d' impedire che le disunioni o rotture che si potevano fare nelle volte di questa specie ove s' impiegava una gran quantità di calce, non si dirigessero all' opposto de' tagli, quando l' impazienza di adoperarle o altri motivi obbligavano a levare le centine prima che la malta avesse acquistato una sufficiente consistenza per evitarle. Queste volte che

(1) Le ruine di questo monumento, nel quale molti antiquari hanno creduto riconoscere la basilica edificata da Augusto in onore de' suoi nipoti Caio e Lucio, e che altri hanno preso per un tempio d' Ercole, si vedono a Roma presso porta Maggiore. L' interno forma in pianta un poligono di dieci lati il cui diametro è metri 23 e 67/100, piedi 72 pollici 10, fra le faccie paralelle opposte. Quest' edificio è costrutto, come il Panteon, in muratura di pietrame rivestito di mattoni. La volta è pure in rottami di piccoli tufi e di pietre leggiere, con catene di mattoni ad angoli rientranti, e la volta è a schifo.

hanno da un piede e mezzo fino a quattro di grossezza, sono estradossate a livello allorchè formano solaio o terrazzo al di sopra; e a due inclinazioni nelle proporzioni di un frontone quando servono di tetto: allora sono coperte in tegole romane posate a bagno di malta. Questa specie di copertura, che serve anche di legame ad esse, procura loro una durata senza limiti: se ne trovano negli avanzi degli antichi monumenti di Roma, che sussistono da sedici a 18 secoli e sono ancora in buono stato.

Gli antichi formavano sporgenti sulla centinatura tutte le parti che dovevano essere incavate nella volta, e perfino l' abbozzo degli ornamenti che dovevano avere molto sporto; in guisa che quando si levava la centinatura non restava che da applicarvi lo stucco. Si è fatt' uso di questo processo per le volte di S. Pietro di Roma che sono costrutte in mattoni e pietrame ad imitazione di quelle degli antichi.

Quando le volte in pietre rozze, in mattoni ed in pietrame sono state fatte con cura, e che si è dato ad esse uno spessore proporzionato al diametro ed alla curvatura e che si è dato il tempo alla malta di far corpo coi materiali, esse non formano in seguito che un pezzo solo che non esercita veruna spinta contro i muri che le sostengono. Siccome il momento del disarmo è quello che è pericoloso, così convien tentare di favorire piuttosto l' azione delle parti inferiori che resistono, che quella delle parti superiori che cagionano la spinta. Ed è perciò che non si dovrebbero mai disarmare le volte senza che i reni fossero muniti fino verso la metà. Questa parte inferiore è quella che dovrebbe essere liberata per la prima dalla centinatura, andando dal basso all' alto ond' essere in istato di controspingere la parte superiore. Quest' operazione deve farsi per intervalli in ragione della grandezza del diametro della volta e dell' essere più fresche le malte. Per una gran volta in pietrame o in mattoni, di 24 a 30 piedi di diametro, sono necessari nella buona stagione circa due mesi acciò che la malta abbia acquistato abbastanza consistenza per non provare verun effetto nel disarmo; conviene anche evitare di cacciar dentro la chiave a colpi di mazza o di troppo forzarla con cunei, perchè ciò rompe la volta e la piega verso i reni quando non sono guerniti. Ho veduto degli operai poco esperti, far rompere per questa smania una volta e spostare i muri prima che fosse levata la centinatura.

Le precauzioni da noi indicate debbono essere le stesse anche per le volte murate in gesso, ad eccezione della centinatura, la quale può levarsi due o tre giorni dopo che sono state compiute; ma conviene diffidare della spinta del gesso, che è molto più da temersi di quella della volta perchè agisce con maggior forza.

È necessario il conoscer bene la natura del gesso che s'impiega, la sua forza e il suo grado di tensione, onde avervi riguardo collocando i mattoni o i pietrami formanti la chiave soltanto dopo che ha avuto luogo il suo effetto per le parti già a sito.

Nelle volte estradossate di eguale spessore, che devono formare solaio al di sopra, quando i reni non si riempiono in muratura debbono farsi muri di speroni, distanti fra loro il terzo della larghezza della volta: lo spessore di essi dev' essere il decimo dell' intervallo, figura 7.

Se la volta è a schifo si dovrà collocarne uno nel mezzo di ciascuna faccia e due altri i cui angoli sieno in isquadro, come si vede dalla figura 9.

Quando la pianta di una volta a schifo è più lunga che larga, si distribuiscono i contrafforti sulle faccie grandi in modo che l'intervallo sia il terzo della larghezza, come nelle volte a botte.

Le volte a crociera estradossate orizzontalmente hanno bisogno d'avere i reni tutti riempiuti di murazione, figura 8.

Nelle volte sferiche o sferoidiche è necessario che gli speroni tendano al centro. Gli spazi tra i contrafforti saranno riempiti di rottami secchi, ricoperti d' un' area di gesso o di malta per ricevere il mattonato.

Vi hanno costruttori che invece di speroni formano false lunette sopra l' estradosso, il diametro delle quali è metà di quello della volta grande. Questo mezzo, rappresentato dalla figura 10 è ottimo, massimamente per le volte di poco spessore come quelle in mattoni; esso ha il vantaggio d' evitare il carico troppo grande dell' empiere i reni di quelle che debbono essere estradossate orizzontalmente, ma è più dispendioso.

SEZIONE QUARTA

COMPOSIZIONE ED APPLICAZIONE DEGL' INTONACHI

CAPO PRIMO

DEGL' INTONACHI IN MALTA DI CALCE

Gl' intonachi sono strati in malta di calce, in cemento, in gesso od altre materie, che si applicano sui muri, sulle tramezze, sulle volte e soffitti per rendere unite le superficie e talvolta per metterle al coperto dell'umidità e delle intemperie dell' aria.

ARTICOLO I.

Degl' intonachi antichi.

I Greci ed i Romani che non usavano come noi i rivestimenti di legno, aveano la più gran cura nel fare gl' intonachi nell' interno degli appartamenti.

Vitruvio dopo aver trattato delle aree e dei pavimenti nel Capo I del Libro VII, spiega nei seguenti Capi la maniera di fare gl' intonachi, gli stucchi, gli ornamenti e i dipinti onde gli antichi decoravano le stanze, e le diverse maniere usate nel prepararli.

Parlando degl' intonachi sui muri egli dice nel Capo III (1):

(1) Coronis explicatis parietes quam asperrime trullissentur; postea autem supra trullissationem subarescentem deformentur direttiones arenati, uti longitudines ad regulam et lineam, altitudines ad perpendiculum, anguli ad normam respondentes exigantur: namqui sic emendata

» Terminate le cornici, si faccia l' intonaco greggio nelle pareti;
» dopo di che, mentre quella intonacatura s' asciuga, si segnino le di-
» rezioni dell' *arenato* in modo, che le lunghezze corrispondano alla
» regola ed alla linea, le altezze al perpendicolo, e gli angoli alla squa-
» dra; perchè in questa maniera riescirà nitida la vista delle pitture
» sopra gl' intonachi. Nell' atto poi dello asciugarsi si dia una seconda
» ed anco una terza mano. Così quanto più profonda sarà la direzio-
» ne dell' arenato, tanto più a lungo durerà la sodezza della intona-
» catura: ma quando sopra l' arenato, oltre la prima tiratura si saranno
» formate non men di tre croste, allora si facciano le spianazioni di
» fior di marmo, purchè la materia sia temperata in modo, che nel-

tectoriorum in picturis erit species. Subarescente, iterum ac tertio inducatur. ita quo fundatior erit ex arenato directura, eo firmior erit ad vetustatem soliditas tectorii.

Cum ab arena præter trullissationem non minus tribus coriis fuerit deformatum, tunc e marmore grandi directiones sunt subigendæ, dum ita materies temperetur, uti, cum subigitur, non hæreat ad rutrum, sed purum ferrum e mortario liberetur. Grandi inducto et inarescente, alterum corium mediocre dirigatur: id cum subactum fuerit et bene fricatum, subtilius inducatur.

Ita cum tribus coriis arenæ et item marmoris solidati parietes fuerint, neque rimas neque aliud vitium in se recipere poterunt. Sed et baculorum subactionibus fundatæ soliditate, marmorisque candore firmo levigatæ, coloribus cum politionibus inductis nitidos exprimeut splendores.

Colores autem udo tectorio cum diligenter sunt inducti, ideo non remittunt, sed sunt perpetuo permanentes, quod calx, in fornacibus excocto liquore, et facta raritatibus evanida jejunitate coacta corripit in se quæ res forte (*eam*) contigerunt, mixtionibusque ex aliis potestatibus collatis seminibus seu principiis, una solidescendo in quibuscumque membris est formata, cum fit arida, redigitur uti sui generis proprias videatur habere qualitates. Itaque tectoria quæ recte sunt facta, neque vetustatibus fiunt horrida, neque cum extergentur, remittunt colores, nisi si parum diligenter et in arido fuerint inducti.

Cum ergo ita in parietibus tectoria facta fuerint, uti supra scriptum est, et firmitatem et splendorem et ad vetustatem permanentem virtutem poterunt habere.

Cum vero unum corium arenæ et unum minuti marmoris erit inductum, tenuitas ejus minus valendo faciliter rumpitur, nec splendorem politionibus propter imbecillitatem crassitudinis proprium obtinebit. Quemadmodum enim speculum argenteum tenui lamella ductum incertas et sine viribus habet remissiones splendoris, quod autem e solida temperatura fuerit factum, recipiens in se firmis viribus politionem, fulgentes in aspectu certasque considerantibus imagines reddit: sic tectoria, qui ex tenui sunt ducta materia, non modo fiunt rimosa, sed etiam celeriter evanescunt. Quæ autem fundata arenationis et marmoris soliditate sunt crassitudine spissa, cum sunt politionibus crebris subacta, non modo fiunt nitentia, sed etiam imagines expressas aspicientibus ex eo opere remittunt.

Græcorum tectores non solum his rationibus utendo faciunt opera firma, sed etiam mortario collocato, calce et arena ibi confusa, decuria hominum inducta, ligneis vectibus pinsant materiam, et ita ad certamen subacta tunc utuntur. Itaque veteribus parietibus nonnulli crustas excidentes pro abacis utuntur; ipsaque tectoria abacorum et speculorum divisionibus circa se prominentes habent expressiones.

» l' impastarsi non s' attacchi al badile, ma il ferro netto tolgasi dal
» mortaio. Disteso il fior di marmo e seccandosi, si tiri una nuova
» crosta leggera: e quando questa sarà bene battuta e fregata, soprap-
» pongasene un' altra ancor più sottile. Così quando con tre croste di
» arena e con altrettante di marmo saranno assodate le pareti, non
» potranno più esser soggette nè a fessure, nè ad alcun altro difetto.
» Quando poi le solidità saranno a colpi di mazzuole stabilite e col
» fermo candore del marmo ben levigate, tirativi al di sopra dei pu-
» limenti i colori, manderanno fuori vivo splendore (1).

» Che se i colori sono diligentemente tirati sopra l' intonaco a
» fresco, non ismarriscono, ma si conservano e durano senza fine, per-
» chè la calce, disseccatosi l' umido nelle fornaci, e per la sua rarità
» fatta vana, costretta dalla siccità s' imbeve di tuttociò che per caso
» la tocca, e per queste mescolanze, raccolti i semi o principi di al-
» tre potenze (indurandosi in un sol corpo tutti quanti i membri de'
» quali è formata) mentre si secca, si riduce a tale, che sembra aver
» in sè qualità tutte proprie del suo medesimo genere.

» Perciò gl' intonachi che sono ben fatti, non diventano ruvidi
» per età, nè manco col lavare smarriscono di colore, se non quando
» sieno tirati negligentemente ed a secco. Che se nelle pareti saranno

(1) Si vedono ancora nelle ruine degli edifici antichi di Roma, come le terme di Caracalla, di Tito, di Diocleziano e in quelle chiamate Villa degl' Imperatori, Villa Adriana ed altre, avanzi d' intonachi ove si distinguono i diversi strati di cui parla Vitruvio. Ne ho misurato di quelli la cui grossezza era di più di 4 in 5 pollici; i minori hanno 15 in 18 linee. Tutti questi strati vanno diminuendo di spessore. Il primo applicato sulle pareti in pietre sgrossate o in mattoni, è in malta ordinaria; esso ha fino a tre pollici di grossezza. Per dargli maggior consistenza e per formare de' segni, vi si nascondevano pezzi di mattoni in piano o ritagli di marmo. Il secondo strato non ha d' ordinario che la metà di grossezza del primo, ed è in malta più fina. Lo spessore va sempre diminuendo della metà fino a quello che forma la superficie apparente in istucco, che non ha sovente che una mezza linea di spessore. Negl' intonachi di 18 linee di spessore il primo strato non ha più di 9 in 10 linee di grossezza, ma è in malta fina. Io ho osservato che negl' intonachi molto grossi gli strati si staccano gli uni dagli altri e specialmente il secondo dal primo.

Nella Villa degl' imperatori ho veduto una di queste parti d' intonaco mezzo staccata, che aveva più di 15 piedi di lunghezza sopra 10 di altezza e 16 linee di spessore. Questo strato formato di malta in tegole peste e pozzuolana rossa di Roma sembrava essere stato compresso fortemente, ed aver acquistata la consistenza di un pezzo di pietra dura o di marmo. Vi cacciai entro un regolo di ferro schiacciato, che mi serviva a misurare, nel luogo ove era più distante dal muro, e tutto l' intonaco cadde e si ruppe in molte parti, alcune delle quali avevano 4 in 5 piedi di lunghezza sopra 3 in 4 di larghezza. Ne tolsi un pezzo che feci appianare e che ha ricevuto il polimento come il marmo; esso ha l' apparenza di un granito cupo. Questo fatto conferma ciò che Vitruvio dice degl' intonachi Greci dei quali si facevano delle tavole.

» fatti gl' intonachi nel modo che fu scritto di sopra, avranno solidità, » splendidezza, e sempre consistente durata. Ma quando è tirata una » sola corteccia di arena, per la sua tenuità mancando di forza, facil- » mente si rompe, e per essere di leggera grossezza non può ottenere » la lucentezza propria de' pulimenti. Perchè come uno specchio d' ar- » gento tirato con sottile lametta dà una luce incerta, debole e lenta, » e all' opposto quello ch' è fatto con salda tempera, potendo soste- » nere tutta la forza del pulimento rende ai riguardanti chiare e di- » stinte le immagini; così gl' intonachi lavorati di materia sottile non » solamente si fendono, ma anche in breve tempo si struggono; men- » tre quelli che fondati con sodezza di arena e di marmo sono di » spessa grossezza, rafforzati dalle frequenti politure non solo diven- » tano lucenti, ma anche rimandano ai riguardanti le immagini sulla » stessa opera espresse.

» Ma gl' intonacatori greci fanno le opere solide non solamente » usando di sì fatti metodi, ma di più, preparato un mortaio, ed ivi » mescolata la calce all' arena, da buon numero d' uomini con istanghe » di legno fanno pestar la materia, e così da quelli a gara ben bene » sbattuta la mettono in opera. Perciò alcuni staccando dalle vecchie » pareti le croste, si servono di queste invece di quadrelli; onde gli » stessi intonachi presentano all' intorno certe linee rilevate colle di- » visioni degli abachi e degli specchi ».

Intonachi sui muri intermedi.

I tramezzi leggieri che facevano i Romani per dividere i grandi spazi nei piani superiori erano composti d' intelaiature di legni squadrati posti ad una certa distanza. Gl' intervalli erano riempiti di canne greche attaccate con chiodi come ancora in oggi si pongono i panconcelli per le separazioni dello stesso genere. I tramezzi antichi erano ricoperti con intonachi di malta e stucco formati di molti strati più sottili che pei muri. Vitruvio parlando di queste separazioni alla fine del Capo VIII del Libro II, dice (1):

(1) Cratitii vero velim quidem ne inventi essent. Quantum enim celeritate et loci laxamento prosunt, tanto majori et communi sunt calamitati, quod ad incendia uti faces sunt parati. Itaque satius esse videtur impensa, testaceorum in sumptu, quam compendio cratitiorum esse in periculo.

» I graticci poi non vorrei che fossero mai stati inventati: che » quanto giovano alla sollecitudine ed alla comodità, tanto sono di » maggiore e pubblica calamità; essendo essi, come le faci, sempre » pronti ad accendersi. Perciò è assai meglio largheggiare nella spesa » dei mattoni, di quello che pel risparmio che si ha coi graticci, starsi » in pericolo. Anco quelli che sono negl' intonachi, secondo la dispo» sizione de' diritti e de' traversi, si fendono. Quando poi s' impiastra» no, ricevendo l' umore si gonfiano, poi asciugandosi si ritirano, e » così estenuati frangono la stabilità dell' intonaco. Ma poichè alcuni, » o per la fretta, o per la povertà, o per regolare un luogo in pendio » sono costretti di usarne, si faccia dunque così. Il suolo sia costrutto » ben alto, affinchè i graticci siano intatti dal rovinaccio e dal pavi» mento: chè quando sono sepolti in quelli col tempo marciscono, poi » calando declinano; e struggono la bellezza dell' intonacato ».

E alla fine del Capo III del VII Libro aggiugne: (1)

» Se poi gl' intonachi si avranno a far sui graticci, sopra i quali » ne addiviene di necessità che si formino fessure fra le liste diritte » e traversali (perchè quando si smaltan di creta necessariamente ri» cevono umido; e poi nel disseccarsi estenuate si fendono), per evi» tar ciò si dovrà fare in questa maniera. Allorchè tutta la parete sa» rà incretata, si affigga sulla stessa manifattura con chiodi *moscarii* » una serie continuata di canne; poscia data un' altra mano di creta, » se le prime sieno inchiodate agli ordini traversali, s' inchiodino le » seconde ai diritti; e parimente (come fu scritto di sopra) tirisi » l' arenato e il marmorino, ed ogni altra sorte d' intonaco. Così la

Etiam qui in tectoriis operibus rimas (*in iis*) faciunt arrectariorum et transversariorum dispositione. Cum enim linuntur, recipientes humorem turgescunt, deinde siccescendo contrahuntur, et ita extenuati disrumpunt tectoriorum soliditatem.

Sed quoniam nonnullos celeritas aut inopia aut impendentis loci disseptio cogit, sic erit faciendum. Solum substruatur alte, ut sint intacti ab rudere et pavimento. Obruti enim in his cum sunt, vetustate marcidi fiunt; deinde subsidentes proclinantur et disrumpunt speciem tectoriorum.

(1) Sin autem in cratitiis tectoria erunt facienda, quibus necesse est in arrectariis et transversariis rimas fieri ideo, quod luto cum linuntur necessario recipiunt humorem; cum autem arescunt extenuati, in tectoriis faciunt rimas; id ut non fiat, hæc erit ratio. Cum paries luto inquinatus fuerit, tunc in eo opere cannæ clavis muscariis perpetuæ figantur; deinde iterum luto inducto si priores transversariis ordinibus fixæ sunt, secundæ erectis figantur, et ita, uti supra scriptum est, arenatum et marmor et omne tectorium inducatur. Ita cannarum duplex in parietibus ordinibus transversis fixa perpetuitas nec segmina nec rimam ullam fieri patietur.

» doppia sequela di canne attaccata agli ordini incrocicchiati non
» lascierà nè ineguaglianze, nè crepature.

La difficoltà di fare sulle separazioni gl' intonachi di malta che non screpolino o si fendano proviene da ciò che la calce quando non è compressa bene e lisciata prima che faccia corpo, soggiace ad un ristringimento o diminuzione di volume la quale aggiunta a quella dei legni penetrati dall' umido dei riempimenti deve di necessità causar disunioni nei punti ove i legni si vedono o sono coperti di una superficie d' intonaco più sottile. Il gonfiamento del gesso evita in parte quest' inconveniente, perchè si effettua per così dire un compenso colla diminuzione che prova il legno seccandosi, e perchè d' altronde il gesso fa presa più presto e vi si attacca più fortemente che la malta od altra composizione di cui la calce fa parte e soltanto gl' intonachi in gesso guasto o troppo bagnato si rovinano. È certo che Vitruvio indica il mezzo più sicuro d' impedire questi effetti inchiodando un doppio spessore di panconcelli sui dritti e sui traversi per contenerli; conviene inoltre aver cura di comprimere l' intonaco a misura che secca.

Dopo aver parlato degl' intonachi in generale sui muri, sulle volte e sui tramezzi, Vitruvio indica nel Capo IV del Libro VII (1) le precau-

(1) Quibus rationibus siccis locis tectoria oporteat fieri, dixi; nunc quemadmodum humidis locis politiones expediantur, ut permanere possint sine vitiis, exponam. Et primum conclavibus, quæ plano pede fuerint, ab imo pavimento alte circiter pedibus tribus pro arenato testa trullissetur, et dirigatur, uti eæ partes tectoriorum ab humore ne vitientur.

Sin autem aliquis paries perpetuos habuerit humores, paulum ab eo recedatur, et struatur alter tenuis distans ab eo quantum res patietur, et inter duos parietes canalis ducatur inferior quam libramentum conclavis fuerit, habens nares ad locum patentem. Item cum altitudinem perstructus fuerit, relinquantur spiramenta: si enim non per nares humor et in imo et in summo habuerit exitus, non minus in nova structura se dissipabit. His perfectis, paries testa trullissetur et dirigatur, et tunc tectorio poliatur.

Sin autem locus non patietur structuram fieri, canales fiant, et nares exeant ad locum patentem. Deinde tegulæ bipedales ex una parte supra marginem canalis imponantur, ex altera parte bessalibus laterculis pilæ substruantur, in quibus duarum tegularum anguli sedere possint; et ita a pariete hæ distent, ut ne plus pateant palmum; deinde insuper erectæ mammatæ tegulæ ab imo ad summum parietem figantur, quarum interiores partes curiosius picentur, ut ab se respuant liquorem: item in (imo et in) summo supra cameram habeant spiramenta.

Tum autem calce ex aqua liquida dealbentur, uti trullissationem testaceam non respuant; namque propter jejunitatem quæ est a fornicibus excocta, (trullissationem) non possunt recipere, nec sustinere, nisi calx subjecta utrasque res inter se conglutinet et cogat coire. Trullissatione inducta pro arenato testa dirigatur, et cætera omnia (uti supra scripta sunt in tectoriorum rationibus) perficiantur.

zioni da prendersi per quelli che debbono farsi in luoghi umidi, onde sieno solidi e durevoli, e che guarentiscano ancora le parti dall' umidità:

» Ho parlato della maniera di fare gl' intonachi ne' luoghi asciutti; » ora spiegherò come si eseguiscano le politure ne' luoghi umidi, affinchè » possano durare a lungo senza difetto. E primieramente negli appar- » tamenti a pie-piano, dal fondo del pavimento per l' altezza di circa » tre piedi, invece dell' arenato si adoperi il cotto, e si batta e si di- » stenda, affinchè quelle parti d' intonaco non si guastin dall' umido; » se poi qualche parete sarà sempre impregnata di umido, bisogna alquan- » to allontanarsi e fabbricarne una sottile distante, quanto sembrerà op- » portuno, da quella, e fra le pareti si tirerà un canale inferiore al » livello dell' appartamento, il quale abbia gli sbocchi all' aperto. Poi » quando la struttura è ad una certa altezza, si lascino alcuni spira- » coli; perchè se l' umido non avrà uscita sotto e sopra per gli sboc- » chi, si disperderà per la nuova fabbricazione. Ciò fatto, s' investa la » parete di cotto, e si pulisca poi coll' intonaco.

» Se poi il luogo non permetta la nuova fabbricazione, facciansi » però i canali cogli sbocchi che mettano in luogo aperto. Poi si pon- » gano da una parte sopra il margine del canale delle tegole di due » piedi, e dall' altra si costruiscano pilastri di mattoncelli di otto on- » ce, sui quali possano poggiare gli angoli di due tegole; e questi pi- » lastri non abbiano niente più che la distanza di un palmo dalla pa- » rete; indi dal basso all' alto della stessa parete si affiggano per di- » ritto delle tegole unghiate, le parti delle quali s' impecino bene, af- » finchè rigettino l' umido: e dal basso all' alto fin sopra la volta ab- » biano i loro spiracoli (1). Allora poi s'imbianchino con calce liquefatta

(1) Il gran fabbricato sovrapposto ai muri di sostruzione che sostengono il terrapieno del Pecile nella Villa Adriana, conosciuto sotto il nome di Cento Camere, offre nel suo interno un esempio rimarchevole del primo mezzo indicato da Vitruvio per preservare gli appartamenti dall' umidità dei muri. Se ne può prendere un' idea sulle figure che accompagnano la descrizione che ne diamo nel IX libro, ove queste disposizioni sono naturalmente classificate fra i muri di terrapieno e di rivestimento. Le figure 4, 5, 6, 7, 8 e 9 della Tavola LXX sono fatte secondo le indicazioni di Vitruvio.

Riguardo al secondo mezzo consigliato dall' autore per gli appartamenti di picciole dimensioni, le varianti che presentano i diversi manuscritti, circa l' epiteto dato ai mattoni destinati a tal uso, hanno fatto nascere diversi commenti che finora non hanno prodotto una spiegazione soddisfacente; e senza le scoperte recentemente fatte a Pompeia si sarebbe ancora in dubbio sull' espressione che dà meglio il pensiero di quest' architetto, fra *tegulæ animatæ* (quasi *animæ emittendæ aptæ* secondo la forzata interpretazione di Baldo, adottata da Danetio) *ha-*

» nell' acqua, affinchè non rigettino la incrostatura testacea: perchè
» atante l' arsura cagionata dalle fornaci non possono ricevere, nè sos-
» tenere l' incrostatura, se la calce sottoposta non conglutini e non
» costringa ad assembrarsi fra loro queste due cose. Tirata l' incrosta-
» tura in luogo dell' arenato, si dia una mano di cotto, e tutto il resto
» si compia nel modo che fu prescritto di sopra, ragionando delle
» intonacature.

matæ o *mammatæ*. Sembra d' altronde che questa spacie di mattoni fosse più particolarmente riservata alle costruzioni private, poichè fino al presente nelle ruine dei monumenti antichi non si è scoperto nessun vestigio che possa decidere questa quistione.

Rusconi, e Perrault dopo lui, appoggiandosi alla prima ed alla seconda espressione hanno dato a questi mattoni la forma di un canale i cui margini si elevano ad angolo retto sopra un fondo piano. Ma senza parlare della difficoltà di attaccare solidamente ai muri mattoni di questa forma, l' assieme dei tubi congiunti onde avrebbero coperto le muraglie, sembrerebbe poco proprio a rimediare del tutto gl' inconvenienti che si volavano evitare.

Fermandosi col più dei commentatori al senso proprio dell' aggettivo *hamatæ*, armate di uncini, si concepisce facilmente l' idea dei piccioli piedi capaci di d' isolare quasi interamente i mattoni dai muri, ma nondimeno resterebbe ancora a trovarsi il mezzo di fissarli come esigono la prudenza e il senso positivo del verbo *figere* impiegato in tal luogo appositamente da Vitruvio. La terza lezione dovuta alle ricerche filologiche di M. G. Schneider (Commentarii ad M. Vitruvii Pollionis de Architectura libros decem, Lipsiæ, 1807) presenta un' espressione figurata il cui oggetto sembra esser quello di caratterizzare in modo più preciso la conformazione dei mattoni di cui si parla. Questa restituzione scopre un nuovo senso e cui molti esempi prestano appoggio.

Verso la fine dell' ultimo secolo si scoprì in un' abitazione uscita quasi intatta dagli scavi di Pompeia, un modello di mattoni che sembra giustificare quest' ultima denominazione. Il luogo ove si trovano situati fa parte del fabbricato conosciuto sotto nome di *Casa Campestre*. Ivi il loro impiego aveva per iscopo il facilitare la circolazione dell' aria calda fra le doppie pareti che formavano attorno la camera, disposta per uso de' bagni alla maniera degli antichi. Dopo si sono trovati altri esempi di costruzione dello stesso genere, specialmente a Scrofano non lungi dalla stessa città.

Questi mattoni hanno 18 pollici in quadrato, alquanto più di un piede e mezzo antico; il loro spessore è d' un pollice: i quattro piedi o mamme vuote, *mamelons creux*, situati a due pollici e 1/2 da ciascun angolo, si elevano tre pollici sopra la loro faccia interna; quattro fori corrispondono sull' altra faccia a tali sommità e li traversano imitando la loro forma d' imbuto, figure 10 e 11 della Tavola LXX. Benchè questi mattoni si trovino impiegati ad un officio diverso da quello che loro assegna Vitruvio, non se ne può disconoscere l' identità. D' altronde nessuno degli epitati in quistione si riferisce alla destinazione particolare di essi; ma non tendono che a precisarne la forma che li renda propri a più d' un uso.

Dopo ciò che abbiamo detto, forse si penserà con noi che l' espressione figurata di *tegulæ mammatæ* restituita da Schneider convenga perfettamente ai mattoni della stufa o *sudatorium* di Pompeia, e che sembri risultare naturalmente dalla forma e dal vuoto delle appendici di cui sono muniti. Finalmente per ultimo argomento in favore di quest' emenda faremo osservare come col mezzo di fori praticati nelle quattro mamme questi mattoni potevano esser fissati nei muri coll' aiuto di chiodi, secondo il precetto di Vitruvio *tegulæ mammatæ figantur ad parietem*.

La disposizione di questi mattoni, pel caso in quistione, rappresentata sulla stessa Tavola

Intonachi per le murazioni che debbono contenere l'acqua.

In tutte le costruzioni antiche di questo genere, come cisterne, serbatoi, bacini, acquedotti ed altre da me esaminate colla più grande attenzione ho osservato che gl'intonachi meglio conservati erano molto grossi. Sono essi d'ordinario composti di un primo strato di malta di pietruzze, o smalto, di 3 in 4 pollici di grossezza; di un secondo strato formato di tegole infrante, di pozznolana, e talvolta di queste due sostanze mescolate, di circa 1 pollice di grossezza; finalmente di un ultimo strato di tegole polverizzate e stacciate.

Questi diversi strati erano posati ciascuno in un sol getto senza interruzione onde evitare le rassettature. Erano essi successivamente ben eguagliati e battuti, e non si applicava un secondo strato senza che il primo fosse bene asciugato. Si prendeva specialmente una cura particolare di ben levigare l'ultimo strato, perchè erasi osservato che questa operazione rendeva la superficie estremamente dura ed impenetrabile dall'acqua. Si aveva inoltre la precauzione di far scomparire tutti gli angoli rientranti con tondamenti di 6 pollici almeno di raggio, come si vede nella piscina di Volterra rappresentata dalle figure 1 e 2 della Tavola LX.

Il fondo è sempre concavo, in modo che la maggiore profondità è nel mezzo dello spazio.

Gli antichi munivano d'intonaco anche le opere in pietra di taglio; e in generale avevano la precauzione di non applicarlo che sopra costruzioni secche bene, e che avevano provato tutti gli effetti di cui erano suscettibili.

Io ho rimarcato in molti acquedotti antichi, certe disunioni ed abbassamenti che sembravano aver avuto luogo prima che sia stato fatto l'intonaco interno del canale.

in pianta, in alzato ed in profilo, figure 7, 8 e 9, è assolutamente eguale a quella della stufa di Pompeia e non varia che nelle disposizioni del tavolato.

La stufa di Pompeia è stata incisa nel Viaggio pittorico di Napoli e di Sicilia dell'abate di Saint-Non: Carlo Fea ha copiato le stesse figure per le aggiunte fatte alle osservazioni di Winkelmann sull'architettura degli antichi; ma in queste opere essendo i disegni troppo piccioli e mal figurati, non se ne può formare un'idea esatta che nell'opera di M. Mazois.

Del resto nessuno di questi autori aveva fatto il ravvicinamento fra questi mattoni e l'espressione poco intesa finora del testo di Vitruvio.

Si vede che il livello non è stato stabilito che sul primo strato, che è d' ineguale grossezza, perchè serviva a correggere i difetti prodotti dalle ineguaglianze di abbassamento ed a stabilire una inclinazione uniforme.

Tutto il segreto degli antichi Romani per fare buone intonacature solide, durevoli e impermeabili all' acqua, non consiste che nelle precauzioni da noi indicate. Vi si può impiegare del pari la buona sabbia, la pozzuolana, la polvere di tegole, di marmo e di pietra; la creta, la marna, il terrazzo d' Olanda, la cenere di Tournay, il tras d' Andernach, la calce di Piacenza (1) ed altre materie; ma conviene diffidare di quelle, che induriscono troppo presto, cioè prima che abbiano rigettata l' acqua sovrabbondante impiegata alla loro preparazione; perchè le malte o cementi che ne provengono sono soggetti a decomporsi in seguito per iscacciare l' umidità superflua che contengono internamente, e che spesso non è stata ritenuta che dall' indurimento prematuro della superficie. Gli antichi evitavano questo inconveniente battendo i loro intonachi. Questa operazione reca tutto l' umido alla superficie, che non secca se non dopo l' interno.

(1) Vedi queste voci nel Libro I, sezione 1.ª, capo III, articoli 1, 2 e 3.

ARTICOLO II.

Degl' intonachi moderni.

Nei paesi ove si costruisce in malta gl' intonachi sono formati di due e talvolta di tre strati. Il primo si posa immediatamente sulle pareti dei muri in pietre rozze o in mattoni dopo che si sono ben pulite le commessure ed irrigata la superficie perchè la malta faccia maggior presa. Questo strato che chiamasi incamiciatura, e dai Francesi *crepi*, si fa con calce vecchiamente spenta, bene impàstata e alquanto più grassa che per la murazione ordinaria, cioè vi si mette più calce. Si può far questa malta con calce spenta di fresco, preparandola gran tempo prima, come si usa a Lione. Spenta che sia la calce con precauzione, si mescola con sabbia fina onde farne una malta mediocremente grassa che si prepara dieci o dodici mesi prima. Se ne formano ammassi considerevoli che si conservano in luoghi freschi ove sono coperti di sabbia. Quando se ne vuol servire, si rimescola aggiugnendovi dell' acqua. Quanto più è antica e mescolata, più è bnona per far buoni intonachi che non si turbino, non si fendano o screpolino.

Il primo strato si getta sul muro colla cazzuola; si stende levando il superfluo colla parte affilata, per ricacciarlo ove ne manca, il che produce una superficie estremamente rozza.

Quando l' incamiciatura è ben secca vi si applica il secondo strato, che si chiama intonaco. Esso fassi con una malta più magra della precedente, cioè si aggiugne sabbia alla prima. Stendesi questo secondo strato col dorso della cazzuola unendolo più che si può. Ma siccome vi restano sempre ondulazioni, si eguagliano con un' assicella piana di circa 6 pollici in quadrato, appianata da una parte ed avente sul dosso un traversetto inchiodato per servire a tenerlo in mano. Colui che adopera questo stromento chiamato sparviere, nettatoio, fig. *f*, tavola LXX, ha in una mano un pennello con cui irriga l' intonaco di mano in mano che sfrega. Quando quest' intonaco è quasi secco, s' imbianca con latte di calce che s' incorpora coll' intonaco e non va via giammai.

Quando si vuol avere un intonaco ben liscio e bello stendesi sul secondo strato un altro di calce e di creta o bianco di Spagna, ben mescolati assieme. Quando questo strato è steso egualmente e bene appianato con uno stromento simile al testè descritto, la superficie diviene bella e brillante come lo stucco fatto con polvere di marmo.

A Napoli per l' ultimo strato degl' intonachi si adopera una specie di terra o pozzuolana bianca producente lo stesso effetto.

Si fanno intonachi di malta sopra tramezze a giorno di tavole di abete, sulle quali si appoggiano regoli o panconcelli di legno, di canne greche o di canne comuni, lungo le quali si fanno delle tacche perchè meglio faccia presa il primo strato; e se ne fanno anche sui muri di legno, sulle volte in curvature di tavole ed anche sui plafoni. Indipendentemente dalla panconcellatura si piantano talvolta fino a metà, negl' intervalli o ne' fondi uniti, de' chiodi a teste piane e larghe.

CAPO SECONDO

DEGL' INTONACHI IN GESSO

Anche questi si fanno in tre strati: imboccamento, incamiciatura, intonaco.

Quando trattasi d' intonacare un muro in pietrame o in mattoni cominciasi come per la malta di calce, nettando la commessura e la superficie; e in seguito dopo aver ben spruzzate e turate le grandi commessure con gesso a mano, s' impasta del gesso un po' chiaro che vi si getta sopra con una scopa; questa è l' operazione che chiamasi imboccamento. Quando ciò è fatto e il gesso ha preso corpo, su questo primo strato si applica l' incamiciatura di gesso trito e passato pel graticcio, impastato più duro. Questo gesso si getta colla mano e si stende colla parte tagliente della cazzuola per rendere la superficie più rozza, acciò l' intonaco o terzo strato vi si attacchi meglio. Quest' ultimo strato si fa in gesso fino passato allo staccio di crine; stendesi il meglio possibile col dorso della cazzuola; ma siccome rimangono sempre ineguaglianze ed ondulazioni, si adopera per appianarle una specie di rastiatoio col manico, rappresentato dalla figura *c*, Tavola LXX. Da una parte vi sono dei denti e dall' altra un filo tagliente. I muratori di Parigi lo chiamano *truelle brettée*, cazzuola dentata sebbene non ne abbia la forma, in causa dei denti che vi sono da un lato, e perchè altre volte invece di questo stromento si servivano di una cazzuola di ferro.

La figura *a* indica la forma e le proporzioni delle cazzuole usate a Parigi pei lavori in gesso; la lama o parte piana è di rame giallo perchè il gesso vi si attacca meno che ad una cazzuola di ferro, si stende meglio e non è soggetto alla ruggine. Gl' intonachi sulle tramezze, sui muri di legno, sui plafoni, sotto i tetti si fanno nello stesso modo; non vi è altra differenza che nelle panconcellature, che fansi o congiunte o a giorno. Nel primo caso i panconcelli si toccano o sono poco distanti gli uni dagli altri; nel secondo sono distanti due, tre e fino a quattro pollici come quando trattasi di muri, di tramezze o tavolati pieni, cioè i cui intervalli sieno pieni di muratura di rottame.

Quando gl' intervalli fra i travicelli o piane non sono riempiti di muratura e che vuolsi per ragione d' economia o per evitar il peso lasciarli vuoti, si posano i panconcelli uniti.

I panconcelli usati a Parigi sono di cuore di quercia risegato: essi hanno quattro piedi di lunghezza sopra 2 pollici circa di larghezza, e tre o 4 linee di spessore; si fermano con chiodi a teste piane sopra ciascuna trave; e conviene aver cura di posarli in congiunzione.

Del bianco di cimatura.

In molti luoghi di Francia ove il gesso è raro si usa per fare gl' intonachi e i plafoni, un miscuglio di terra bianca, di cimatura e di calce. Si fanno questi intonachi in due strati; il primo si applica sopra una panconcellatura fatta come pei plafoni o intonachi in gesso; e vi si danno 3 in 4 linee di spessore. Questo strato è composto della terra meno fina mista a cimatura da pelacane e calce. Quando la terra è mediocremente grassa vi si mette un sesto di calce ed altrettanto di tal cimatura. È necessario che la calce sia spenta da sei mesi almeno, o che sia stata mescolata a più riprese per ben discioglierla.

Il secondo strato si fa con calce, creta o terra bianca passata allo staccio, miste con cimatura fina da tonditore di panni. Quando questi intonachi sono stati fatti bene, pretendesi che sieno belli e durevoli al pari di quelli in gesso, e che meglio resistano all' umidità; e che se i plafoni si trovano sotto un tetto ove sia una goccia, l' acqua cadente non faccia che un foro; hanno anche il vantaggio di potersi agevolmente riparare quando sono danneggiati.

Il bianco di cimatura può farsi con calce, sabbia, terra franca, terra creta o marna. La creta, il bianco di Spagna, e il bianco di Troyes formano gl' intonachi più belli; essi sono più lisci e politi che quelli di gesso. Con sagome si tirano corniciami netti del pari che col più bel gesso.

Ne' luoghi ove si può procurare del gesso, se ne mescola col bianco di cimatura per fare il secondo strato. Quanto a me, penso che questi lavori i quali esigono maggiori precauzioni di quelli in gesso, sieno meno solidi specialmente pei plafoni, e che il gesso debba essere preferito ogniqualvolta se ne possa procurare a spese eguali.

CAPO TERZO

DEGLI STUCCHI

ARTICOLO I.

Degli Stucchi antichi.

Per formare gl' intonachi di stucchi nominati *opera albaria* e *marmorata*, gli antichi Romani si servivano di calce estinta da lungo tempo, di creta e di polvere di marmo bianco. Rapporto alla calce, ecco come si esprime Vitruvio nel Capo II del Libro VII (1):

» Terminata la cura de' pavimenti, si passerà a discorrere delle
» imbiancature. Si farà questo come conviene, se si macereranno le
» glebe di ottima calce molto tempo prima di metterle in opera; affin-
» chè, se vi sia qualche gleba poco cotta nella fornace, colla lunga
» macerazione costretta dal liquido a disbollire, tutta uniformemente
» si cuoca. Perchè quando non bene macerata, ma troppo recente si
» adopera, dopo tirata pei crudi calcoli che in essa nascondonsi,
» manda fuor certe pustule, stantechè i detti calcoli nel macerarsi

(1) Cum a pavimentorum cura discessum fuerit, tunc de albariis operibus est explicandum. Id autem erit recte, si glebæ calcis optimæ ante multo tempore quam opus fuerit, macerabuntur; uti, si qua gleba parum fuerit in fornace, cocta in maceratione diuturna liquore defervere coacta, uno tenore concoquatur.

Namque cum non penitus macerata sed recens sumitur, cum fuerit inducta habens latentes crudos calculos, pustulas emittit, quia calculi in opere, uno tenore cum (*non*) permacerantur, dissolvunt et dissipant tectorii politiones.

Cum autem habita erit ratio macerationis, et id curiosius opere preparatum erit, sumatur ascia, et quemadmodum materia dolatur, sic calx in lacu macerata asciatur. Si ad eam offenderint calculi, non erit temperata: cumque siccum et purum ferrum educetur, indicabit eam evanidam et siticulosam; cum vero pinguis fuerit et recte macerata, circa id ferramentum uti glutinum hærens, omni ratione probabit esse temperatam.

» uniformemente nell'opere, sciolgono e dissipano le politure dell'in-
» tonacato.

» Quando poi sarà fatta bene la macerazione e sarà preparata
» diligentemente per l'opera, si prenda l'ascia, e allo stesso modo
» che si ascia il legname, così si asci la calce macerata nella buca.
» Se all'ascia fanno ostacolo i calcoli, non sarà ben temperata: e
» quando si caverà fuori il ferro asciutto e netto dinoterà ch'essa è
» magra ed arsiccia: perchè quando sarà grassa e macerata ben bene
» attaccandosi al ferro a guisa di glutine, dinoterà essere ne' debiti
» modi contemperata.

La necessità di non impiegare per gl' intonachi e gli stucchi se non calce estinta ben macerata e perfettamente disciolta, è stata riconosciuta da tutti i bnoni operai; ma è utile osservare che la difficoltà che prova la calce nello sciogliersi dipende tanto dalla natura della pietra ond'è formata quanto dal non avere il grado conveniente di cottura. Perchè, supponendo che la calcinazione sia fatta a dovere, la calce di marmo bianco, puramente calcareo, si scioglierà meglio e in minor tempo che quella fatta di pietra comune da calce. Si può nondimeno accelerare la compiuta soluzione della calce di qualunque siasi pietra, mescolandola a più riprese e ad intervalli. Conviene aver cura nel fare questa operazione, di stritolare o estrarne le picciole parti che non sono abbastanza cotte. Questo mezzo semplice procura una calce che fa presa rapidissima, e forma colle materie con cui si mescola, un corpo più duro e più durevole.

Le materie per gl' intonachi comuni sono la sabbia di fiume o quella di cava alquanto arida.

Per gli stucchi le crete, le marne, le polveri di pietre, e specialmente di marmo bianco, sono le materie che formano le migliori opere in questo genere. Ecco secondo Vitruvio nel Libro VII, Capo VI, il modo onde gli antichi preparavano la polvere di marmo bianco (1):

(1) Marmor non eodem genere omnibus regionibus procreatur, sed quibusdam locis glebæ ut salis micas perlucidas habentes nascuntur, quæ contusæ et mollitæ, præstant (tectoriis et coronariis) operibus utilitatem. Quibus autem locis hæ copiæ non sunt, cæmenta marmorea sive assulæ dicuntur, quæ marmorarii ex operibus dejiciunt, pilis ferreis contunduntur cribrisque excernuntur.

Eæ autem excretæ tribus generibus seponuntur; et quæ pars grandior fuerit, quemadmodum supra scriptum est, arenato primum cum calce inducitur, deinde sequens, ac tertio, quæ subtilior fuerit.

» Il marmo non si genera della medesima qualità in tutti i paesi;
» ma in alcuni luoghi nascono certe glebe con grani luccicanti a guisa
» di sale, le quali contuse e macinate riescono utili all' opere d' into-
» naco e di cornice. Ne' luoghi poi che non hanno abbondanza di
» queste, i cementi di marmo, o dicansi minuzzoli, che i marmorarii
» scagliano via dalle opere, si pestano ne' mortai di ferro, e si cer-
» niscono col crivello. Di questi così cerniti se ne separano tre qua-
» lità: la più grossa, come fu scritto di sopra, si tira prima di tutte
» insieme colla calce sull'arenato; poi l' altra che segue, e in terzo
» luogo la più sottile.

La maniera di preparare il marmo per fare gli stucchi è ancora presso a poco la stessa. Si riconoscono, come lo abbiamo già osservato, nelle reliquie degl' intonachi antichi i tre strati di cui parla Vitruvio.

Si formavano collo stucco cornici sui muri, ornamenti sui soffitti e sulle volte in murazione, come si vede nelle ruine del tempio della Pace, della Villa Imperiale e della Villa Adriana. Se ne ricoprivano pure le volte in legno fatte sotto i solai o sotto l'armatura dei tetti. Vitruvio parla di queste volte nel principio del Capo III del Libro VII, ove si esprime così (1):

(1) Cum ergo camerarum postulabitur ratio, sic erit faciunda. Asseres directi disponantur inter se ne plus spatium habentes pedes binos, et hi maxime cupressini; quod abiegni ab carie et ab vetustate celeriter vitiantur: hique asseres cum ad formam circinationis fuerint distributi, catenis dispositis ad contignationes sive tecta erunt crebriter clavis ferreis fixi religentur: eæque catenæ ex ea materia comparentur, cui nec caries nec vetustas nec humor possit nocere, id est buxo, junipero, olea, robore, cupresso cæterisque similibus præter quercum, quod ea se torquendo rimas faciat quibus inest operibus.

Asseribus dispositis, tum tomice ex sparto Hispanico arundines græcæ tusæ ad eos uti forma postulat religentur: item supra cameram materies ex calce et arena mixta subinde inducatur, ut, si quæ stillæ ex contignationibus aut tectis ceciderint, sustineantur.

Sin autem arundines græcæ copia non erit, de paludibus tenues colligantur, et mataxæ tomicæ ad justam longitudinem una crassitudine alligationibus temperentur, dum ne plus inter duos nodos alligationibus binos pedes distent; et hæ ad asseres (uti supra scriptum est) tomice religentur, cultellique lignei in eas configantur: cætera omnia ut supra scriptum est espediantur.

Cameris dispositis et intextis, imum cœlum earum trullissetur, deinde arena dirigatur, postea aut creta, aut marmore poliatur.

Cum cameræ politæ fuerint, sub eas coronæ sunt subjiciendæ; (*eæque*) quam maxime tenues et subtiles oportere fieri videntur: cum enim grandes sunt, pondere deducuntur nec possunt se sustinere: in hisque minime gypsum debet admisceri, sed excreto marmore uno tenore perduci, uti ne præcipiendo non patiatur uno tenore opus inarescere.

Etiamque cavendæ sunt in cameris priscorum dispositiones, quod earum planitiæ coronarum gravi pondere impendentes sunt periculosæ.

Coronarum autem aliæ sunt puræ aliæ cælatæ.

» Quando adunque si dovranno ordinare le volte, facciansi in que-
» sta maniera. Si ponga una serie lineare di travicelli distanti niente
» più di due piedi tra loro, e questi, se sia possibile, di cipresso;
» perchè quei d' abete si guastano presto dal tarlo e dal tempo: e
» quando questi travicelli saranno distribuiti ad arco circolare, formate
» le catene, si attacchino alle travature od altrimenti ai tetti con
» ispessi chiodi di ferro: le catene poi siano fatte di un legname per
» cui nè da tarlo, nè da vecchiezza, nè da umido non si possano
» danneggiare, cioè di bosso, di ginepro, di olivo, di rovere, di ci-
» presso e di altri simili, eccettuata la quercia, perchè questa torcen-
» dosi fa fessure in quelle opere, nelle quali è collocata.

» Disposti i travicelli, si attacchino a quelli (secondo che la
» forma richiede) canne greche schiacciate con vinchi di ginestra di
» Spagna: poscia si distenda sopra la volta un composto d'arena e
» di calce, affinchè, se cadesse qualche gocciola dalla travatura o
» dal tetto, passi. Che se vi sia scarsezza di canne greche, si raccol-
» gano le cannelle di palude, e con legami di vinchi si formino ma-
» tasse di giusta lunghezza e d' uniforme grossezza, in modo però che
» da un nodo all'altro non vi siano più di due piedi di spazio: e
» queste matasse (come fu scritto di sopra) si leghino con vinchi,
» e si trapassino con coltelli di legno: le altre cose si facciano al
» modo che pur fu di sopra insegnato.

» Fatta la disposizione e la tessitura delle volte, si dia una ma-
» no di malta, indi una seconda mano di arena, finalmente con una
» terza mano di creta o di marmo si faccia la politura. Polite che
» saranno le volte, a quelle si sottopongano le cornici, le quali do-
» vranno esser fatte più gracili e sottili che sia possibile: perchè quan-
» do son grandi si smuovono dal peso, e non possono sostenersi. In
» queste poi non deve mescolarsi alcuna, benchè minima, parte di
» gesso, ma devono essere uniformemente tirate di marmo cernito, per-
» chè facendo presa lasci che l' opera tutta ad un tempo si asciughi.
» Devonsi anche schivare nelle volte le disposizioni degli antichi, perchè
» i piani di quelle cornici col grave peso sovrastando, sono pericolose.

» Le cornici poi altre sono semplici, altre scolpite ».

Secondo la descrizione data da Vitruvio in questo luogo dei mezzi impiegati per fare le false volte, non si può a meno di riconoscere che i Romani, già superiori in quell' epoca in molte parti dell' arte di

Edificare, non erano ancora che poco inoltrati nelle combinazioni del legname. Si dura fatica a concepire che tale assieme possa produrre mai un' opera solida molto, oltre le più ristrette dimensioni. Ma noi torneremo su quest' argomento parlando delle volte di legname. (Libro V, Sezione seconda, Capo II.)

ARTICOLO II.

Degli stucchi moderni.

Lo stucco è una composizione di calce e di gesso, suscettibile di pulimento come il marmo, del quale ha l' apparenza.

I migliori ed i più solidi sono quelli fatti colla calce come facevano gli antichi. Nelle ruine di molti antichi edifici di Roma si trovano pezzi di stucco ancora conservatissimi, benchè esposti da 10 in 12 secoli all' umido e a tutte le intemperie dell' aria.

Dopo aver riportato ciò che dice Vitruvio parlando di tali stucchi, per completare ciò che può essere relativo a quest' oggetto, spiegheremo come si fanno tuttavia in Italia ove l' uso di essi si è conservato. I processi che noi indicheremo sono quelli che abbiamo veduto praticarsi dai più famosi artisti in questo genere e soprattutto dai fratelli Giocondo e Grato Albertoli, il primo de' quali era professore d' ornato nell' Accademia di Belle Arti di Milano, e l' altro primo stuccatore del granduca di Toscana nel 1783: l' uno e l' altro hanno avuto la compiacenza di fare davanti a me tutte queste operazioni, e m' hanno dato memorie che mi hanno giovato come quelle fatte da me stesso vedendo operare altri artisti che pure m' hanno dato delle istruzioni.

Stucco per gli ornamenti e sagome d'architettura.

Quando le opere in istucco devono aver molto rilievo, come capitelli, trofei, o cornici, si comincia dal far l'ossatura nel modo seguente. Sui muri, sui plafoni o sulle volte ove devesi eseguire il lavoro si

fissano chiodi od altre ferramenta più o meno grandi in proporzione dello sporto. Si prepara quindi una malta di calce e sabbia fina ben mescolata, come quella di cui si fa l'ultimo strato degl'intonachi ne' luoghi ove non si adopera gesso. Devesi inoltre procurare tanto gesso buono polverizzato quant'è la malta, cioè in proporzione del lavoro.

Apparecchiato il tutto, si comincia dal bagnare con un pennello il luogo ove si sono attaccati i chiodi o ferramenti, facendo in modo di lasciar questi asciutti. S'impasta quindi una certa quantità di gesso con cui si coprono più presto che si possa tutti i chiodi o ferramenti, dando al lavoro l'abbozzo della forma che deve avere.

Fatta questa prima operazione si continua con gesso e malta misti assieme nel modo seguente.

Prendesi una certa quantità di malta che si mette sopra una tavoletta, figura c, Tavola LXX; se ne forma una specie di bacino grande abbastanza per contenere una quantità di gesso impastato che sia doppia della malta.

Riempiuta d'acqua questa specie di bacino, vi si semina del gesso colla mano, finchè abbia assorbito l'acqua, e s'impastano tutte assieme le materie mescolandole per impiegarle più prontamente che è possibile. Servesi perciò di cazzuole di diverse grandezze o di spatole, secondo che il lavoro è più o meno dilicato.

Pel terzo strato si diminuisce la dose del gesso così che per l'ultima forma dello sbozzo basta uno di gesso su tre di malta.

Finito l'abbozzo, mentre è ancor fresco si comincia a dargli le forme principali ed i vuoti che debbono formare gli scuri nell'effetto dell'opera. Finalmente si leva tutto ciò che si è potuto fare di troppo nell'abbozzo, il che è quasi inevitabile in causa della prontezza colla quale devesi operare; perciò si adoprano spatole curve dentate e raspe.

Facendo l'abbozzo bisogna aver sempre il compasso in mano per misurare ciascuna parte e non mettere materie più che non occorrono, o più da una parte che dall'altra, quando gli oggetti sono simmetrici. Conviene tenere tutte le misure più scarse dello spessore dello stucco.

L'abbozzo così preparato si lascia seccare fino a che non rimane più umido interno: allora si ricopre di stucco che si apparecchia nella seguente maniera.

Modo di preparare lo stucco tanto per gl' intonachi e per le cornici, quanto per gli ornamenti.

Si prenderà la miglior calce in pietra che si potrà trovare; è necessario che sia bianca e cotta a dovere, il che si conoscerà se nel colpirla darà un suono chiaro. Estinguerassi con molte precauzioni temperandola nell' acqua prima di metterla nel bacino e non dandole altr' acqua se non quando comincia a fumare. Non se ne deve versare che in proporzione che comincia a disciogliersi e devesi rimuovere del pari per facilitare la sua fusione.

Estinta che è questa calce, alcuni stuccatori la dilungano in molt' acqua per farla passare in uno staccio onde levarne tutte le parti ghiaiose; altri la macinano sopra una lastra di marmo, e questo modo mi pare preferibile perchè non l' indebolisce.

La calce così stacciata o macinata si lascia riposare per quattro o cinque mesi e talvolta anche più, perchè da quanto più tempo è spenta è tanto migliore per lo stucco, sì per la durezza che gli procura che per la facilità di lavorarlo.

La calce di nuovo estinta riuscisce male, a meno che non si abbia la precauzione di rimescolarla a più riprese per facilitarne la dissoluzione. Con questo mezzo si può accelerare, per così dire, il momento favorevole di metterla in opera.

La materia migliore che si possa mischiare colla calce così preparata onde fare uno stucco bello, solido e durevole, è la polvere proveniente dalle scaglie del marmo di Carrara, perchè è il più bianco e più brillante. In difetto di esso si possono adoperare certe pietre di grana finissima, come la pietra di Tonnerre, la creta di Champagne, ma lo stucco non è così bello.

Vi sono de' stuccatori che hanno impiegato con successo la polvere di alabastro gipseo crudo, od un bel gesso, come la scagliola, simile al talco di Parigi; ma questo stucco non regge all' umido.

Non si apparecchia lo stucco per gli ornamenti se non quando è prossimo il momento d' adoperarlo. Bisogna avere abbastanza pratica per prevedere la quantità necessaria per coprire l' opera abbozzata. Si formerà esso di una quantità eguale di polvere di marmo e di calce che si mescolerà bene senza mettervi acqua. Quando invece di pol-

vere di marmo se ne adopera qualch' altra, la quantità di ealce può variare secondo ehe la polvere è più o meno grassa ed assorbente; e si mescolerà finehè la mistura è perfettamente eseguita.

Molti stuccatori, e lo stesso Vitruvio, pensano ehe il miscuglio sia abbastanza agitato e le dosi proporzionate, quando la cazzuola o qualeh'altro stromento di ferro ne esee netto; ma l'oeehio di un abile pratieo è molto più sieuro, perehè lo stuceo non s'attacca al ferro che quando è grasso, e ne uscirebbe sempre netto se fosse troppo magro, cioè se non contenesse la suffieiente quantità di ealee.

Per mettere in opera lo stueeo si comincia dal bagnar bene l'abbozzo fino a che non assorbe più acqua; allora si stempera un poeo di stueco in un vaso e eon esso si coprirà con un pennello la parte che si vuol finire. Si stenderà sopra, tutto ad un tratto eon una spatola, uno strato di stucco duro e si eontinnerà finchè si vede che il primo posato eomineia a seccarsi. Gli si darà allora l'ultima forma pulendolo con rastiatoio d'aceiaio e lini baguati un poco rozzi, avvolti attorno al dito come per modellare in argilla: si deve talora passarvi il dito senza lino; e vi sono opere ehe non si possono terminare che eon questo mezzo per dar loro una morbidezza che nè il rastiatoio, nè la spatola potrebbero procurare; stromenti buoni soltanto per opere terminate da linee continue eome sono i giri delle volute dei capitelli.

Si uniscono le grandi superficie con lini bagnati alquanto rozzi; e speeialmente bisogna far attenzione di render ben netti gli spigoli, altrimenti il lavoro, benchè buono e solido, non piace punto.

Per ornamenti in bassi rilievi nelle quadrature, come grotteschi, intreeei; rieei, lauri ed altri ehe debbono avere poeo sporto, è inutile fare l'abbozzo in gesso e malta; basta bagnar bene il fondo ehe deve essere alquanto rozzo onde lo stueco vi si attacchi meglio. Vi si stenderà sopra uno strato di stueeo di circa due linee, ehe si unirà bene eol dorso della cazzuola onde comprimerlo e dargli maggior fermezza; si unirà quindi eon un lino rozzo bagnato onde togliere tutte le traccie della eazzuola; ed è eosì che si stendono gli stucchi snlle superficie liscie dei muri e delle volte.

Bene unito ehe sia il fondo vi si applicherà sopra il disegno traforato dell' opera e si spolvererà eol carbone.

Marcati tutti i contorni, si comincierà ad ammassare l'opera sul fondo con istucco duro e nei luoghi ove si troveranno sporti troppo

grandi, si pianteranno chiodetti a teste larghe per dargli più sostegno.

Intanto che si modella questo stucco, bisogna avere la precauzione di bagnarlo di tempo in tempo per impedirgli il troppo rapido indurimento onde il tutto non faccia che uno stesso corpo.

Stucco per le opere d'architettura.

Per le opere d'architettura come le modanature, le cornici, le colonne, i pilastri, i cassettoni ed altre cose, si preparano le grandi masse in muratura: su queste grandi masse si fa l'abbozzo in gesso ed in malta, come abbiamo spiegato. Si adopra quindi un calibro o sagoma per le modanature, presso a poco come pei lavori in gesso, osservando che ne occorrono due, uno per abbozzare, che deve essere di una linea circa più piccolo per lasciar posto all'ultimo strato di stucco. Queste sagome debbono essere munite di una lastra di ferro intagliata come il legno onde far le modanature più nette e gli spigoli più vivi.

Per gli ultimi strati è necessario che lo stucco sia più liquido che per gli ornamenti e che sia anche più grasso. Deve essere composto di due parti di calce ed una di polvere di marmo.

Nel 1783 ho veduto dei lavori di stucco benissimo eseguiti in Milano dai fratelli Albertoli nel palazzo dell'arciduca ed in quelli del principe Belgioioso e del conte Greppi; ed a Firenze nel palazzo Pitti.

Quando si vogliono fare degli stucchi su facciate esteriori o in luoghi esposti all'umidità, bisogna guardarsi bene dall'impiegarvi gesso perchè non resisterebbe.

In queste circostanze, se si può procurare pozzuolana converrà servirsene per l'abbozzo, e in suo difetto, tegole peste: vi si potrà aggiugnere qualche terra assorbente come creta, o calce in polvere, perchè faccia corpo più prontamente.

Certi stuccatori fanno un miscuglio di sei parti di calce, tre di sabbia, due di scorie di ferro, una di tegole peste ed una di tartaro di vino: si mescola tutto a più riprese e si adopera per l'abbozzo delle opere esposte all'umidità o alle intemperie dell'aria.

Si copre questo abbozzo con istucco preparato come abbiamo detto. Conviene far attenzione di non lasciare sopra le parti esposte

all' aria verun foro o ineguaglianza, ma al contrario di lisciarle bene onde nè pioggia o neve possano fermarvisi. Questa precauzione ha anche il vantaggio di rendere più dura la superficie.

Stucco in gesso.

Si giunse a fare col gesso un' altra specie di stucco o marmo fittizio, che ha il brillante e l' apparenza dei marmi più preziosi, pei diversi colori che ad esso si mescolano e il polimento che gli si dà; ma per la durata non è comparabile collo stucco fatto di calce e polvere di marmo. Lo stucco in gesso non può resistere all' aria od all' umidità, nè si può conservare se non nell' interno e nei luoghi secchi.

Per fare un bello stucco conviene scegliere il più bel gesso e più bianco, e si fa in pezzi della grossezza di un uovo. È necessario che l' istesso stuccatore lo faccia cuocere, perchè la bellezza e la durezza dello stucco dipendono dal grado di cottura che gli si dà. Per giugnervi, si mettono tutti questi pezzi in un forno caldissimo come quello della Tavola VI, o in un forno comune di cui si chiude l' apertura esattamente. È d' uopo essere attenti all' istante in cui il gesso avrà acquistato il grado conveniente di cottura: perciò si ritireranno di tempo in tempo alcuni pezzi per romperli onde conoscere se sono al punto bramato. Se rompendoli si vede che sono troppo pieni di particelle brillanti, è una prova che non sono abbastanza cotti; se il pezzo è dappertutto di un bianco livido senza particelle brillanti, è troppo calcinato: perchè sia al grado conveniente è d' uopo che rimangano ancora alcune particelle brillanti al centro; allora si ritira tosto dal forno.

Per adoperarlo, si pesta in un mortaio di metallo, e si passa per uno staccio finissimo; e s' impasta sciogliendolo nell' acqua della colla di Fiandra, che non deve essere nè troppo forte nè troppo debole; perchè nel primo caso allontana troppo le particelle del gesso e non forma un corpo abbastanza duro e compatto per ricevere un bel pulimento, e nel secondo non le riunisce abbastanza: l' uso è quello che fa conoscere il grado che conviene ad ogni specie di gesso e di tale o tal altra scagliola, come pure il suo grado di cottura; ed in ciò consiste il preteso secreto di ogni stuccatore al quale ognuno può pervenire con due assaggi. In generale tutte le sostanze gelatinose dopo essere state modificate convenevolmente sono proprie del pari ad essere impiegate nella composizione degli stucchi in gesso.

Per imitare le diverse macchie de' marmi si adoperano gli stessi colori che per dipingere a fresco; si stemprano questi colori coll' acqua e la colla e se ne formano pallottole di vari colori; si prende con un coltello a paletta un poco di ciascun colore che si scioglie nell' acqua, mescolandolo se è necessario, per aver la gradazione che si vuole imitare. S' introducono questi colori nel gesso fresco a misura che si stende, per darle la forma dell' opera che si propone di fare.

Quando lo stucco è secco si comincia a pulirlo colla pietra pomice e con una specie di pietra cote di cui gli operai si servono per affilare i loro ferri; si continua col tripoli e con un pezzo di feltro e si termina col dargli il lucido coll' acqua di sapone e finalmente col solo olio. Quest' ultimo appanna di spesso lo splendore quando non si ha la precauzione di fregar bene.

Ciascuna parte di stucco si lavora separatamente e si mette a sito ove poi si termina; si adoprano perciò le forme, i calibri ed altri stromenti usati pei lavori in gesso.

Collo stucco si pervenne a fare delle specie di quadri incrostati in fondi bruni e neri rappresentanti fiori, frutti, uccelli, ornamenti, rabeschi, ed anche soggetti di figura. Io ho veduto dei quadri di questo genere negli appartamenti del palazzo Pitti a Firenze, a Bologna ed a Lione nella chiesa di San Nazzaro e in quella dei Frati della *Guillotiére*. Questi ultimi erano stati fatti da uno stuccatore francese chiamato Laplante.

Per eseguire queste opere si fa un disegno in grande, colorito, del quale si segnano tutti i contorni; vi si applica sopra lo stucco formante la tinta del fondo che si vuol dare al quadro prima di pulirlo; gli si dà la pomice in bianco o in nero secondo il colore del fondo; quindi s' incava a seconda dei contorni, per applicare gli stucchi colorati che convengono a ciascuna parte del disegno, come si è detto più sopra per imitare le gradazioni di colori e gli accidenti dei marmi ordinari.

NOTA DEL TRADUTTORE

Di tutte le operazioni che si comprendono sotto la denominazione generale di lavori muratorii certo il primo è quello di stabilire la aree o i piani, debbano essi rimaner permanenti o sieno un accessorio della costruzione. Ora a preparare i piani in qualunque modo, è indispensabile rilevarne lo stato, cioè conoscerne la salita o inclinazione rapporto ad una linea che circonda la terra secondo la superficie delle acque in istato d'inerzia, la qual linea dicesi livello reale: l'operazione poi da eseguirsi per rilevare tale stato chiamasi livellazione. E siccome questa non è delle più facili e non sono molti i libri che ne trattano, non sarà discaro che prima di parlare delle aree in generale e specialmente delle strade, diciamo qualche cosa sull'importante argomento della livellazione servendoci di quanto hanno scritto il Delaistre ed il Zola.

» Si sono immaginati stromenti di specie diverse e di diverse materie onde » perfezionare i mezzi di livellare, che possono tutti in quanto alla pratica ri» dursi a quelli di cui sono per parlare.

» Il livello a bolla d'aria è quello che mostra la linea di livello col mez» zo di una bolla d'aria chiusa con qualche liquore in un tubo di vetro di » lunghezza e grossezza indeterminate, e le cui estremità sono chiuse ermetica» mente, cioè colla stessa materia del vetro che perciò si fonde colla lampada. » Quando la bolla d'aria viene a collocarsi in un certo segno marcato sul mez» zo del tubo fa conoscere che il piano su cui posa è esattamente a livello; » ma quando non lo è, la bolla d'aria si eleva verso una delle estremità. Questo » tubo di vetro si mette d'ordinario in un altro di rame che ha un'apertura nel » mezzo per la quale si osserva la posizione e il movimento della bolla. Il li» quore ond'il tubo è riempito è d'ordinario l'olio di tartaro o l'acqua distil» lata perchè questi due liquori non sono soggetti nè al gelo come l'acqua co» mune, nè alla rifrazione e condensazione come l'alcool.

» È facile estender di più questo stromento adattandolo ad una picciola lente » approssimativa LD, il cui asse deve essere esattamente paralello all'asse del » Tubo AB, figura 4, Tavola B.

» Il tubo o la lente potranno aver per sostegno una palla di rame P » chiusa in due emisferi convenientemente collegati, o il tutto sostenuto da un » piede.

» Questo livello a bolla d'aria è stato perfezionato da M. de Chezy, ed è » usitatissimo nelle operazioni giornaliere relative ai ponti ed argini.

» Il livello idraulico mi sembra il migliore per le grandi operazioni, e quel-

» lo d'acqua a tubi comunicanti per le operazioni ordinarie; e di questi due
» livelli darò ora la spiegazione seguendo l'abate Picard.

» Due sono i mezzi soltanto dati dalla natura per determinare ciò che si
» chiama livello, o questi sono la direzione centripeta che seguono i solidi quan-
» do sono isolati e abbandonati alla loro sola gravitazione, o l'equilibrio idro-
» statico che prendono i liquidi nella loro libera e tranquilla comunicazione fra
» loro.

» 1. Nell' equilibrio idrostatico si ha un' infinità di punti a livello fra loro
» che sono dati dalla stessa natura e dietro i quali si potranno determinare geo-
» metricamente quanti altri punti si vorranno:

» 2. Nella direzione centripeta dei solidi isolati e liberamente abbandonati
» alla lor forza gravitante, direzione sempre e dovunque perpendicolare all' oriz-
» zonte sensibile del punto terrestre ove esiste, o verso cui è diretta, si ha do-
» vunque una linea retta data o determinata dalla stessa natura, a cui, secondo
» i principi e le regole della geometria si associano altre linee ideali col
» mezzo delle quali si fissa o si determina il livello apparente ed il livello
» vero.

» 3. Poichè non vi sono realmente che due mezzi dati dalla natura, co-
» nosciuti almeno, per determinare il livello, ne segue che non si possono
» avere propriamente che due specie di stromenti atti a livellare, che saranno
» il livello d'acqua e il livello a perpendicolo, che non è mai adoperato.

» Il livello d'acqua è il più semplice, il più comodo e forse il più esatto
» e sicuro di tutti gli stromenti che possa mettere in pratica l'arte scientifica
» della livellazione.

» Opera della natura più che dell' arte esso è come indipendente da tutto
» ciò che vi può essere d' incerto, d' inesatto, d' erroneo o di variabile nelle
» operazioni e nei prodotti dell' industria umana.

» Esso è una doppia superficie d'acqua in R ed in V, figura 5, che
» conformemente alle leggi eterne ed invariabili della natura quando nulla di-
» sturba la sua azione, si mette sempre necessariamente in equilibrio su tutte le
» sue colonne, prende sempre infallibilmente da sè uno stesso livello in tutta la
» sua estensione ed in ogni posizione possibile, o diviene perciò una regola fis-
» sa e sicura, secondo la quale l' industria umana potrà facilmente cercare e
» trovare una serie qualunque di altri punti a livello fra loro, quando questa
» conoscenza potrà essergli utile.

» Il livello di Picard ad aequa, consiste in un gran tubo prismatico di sta-
» gno AMB, figura 6; in due tubetti prismatici di vetro BV ed AR; in due
» alidade di banda p, p, destinate a dirigere il raggio visuale; in un cannocchiale ap-
» prossimativo di sufficiente grandezza ab, ordinario od acromatico, in due viti
» mobili G ed E, e in un piede o sostegno PDKN, su cui questo stromento
» possa aver facilmente tutte le evoluzioni possibili.

» Il tubo prismatico AMB sarà di stagno e di figura quadrangolare, ad an-

» goli retti; avrà tre piedi e mezzo ed al più quattro piedi di lunghezza sopra
» un pollice e 1/2 di diametro, e nelle sue estremità sarà ricurvo ad angolo retto:
» la parte curvata in A ed in B sotto i tubi di vetro, sarà di un volume alquanto
» più grosso di quello della parte AMB; questa parte ricurva o più volumi-
» nosa avrà circa duo pollici o 1/2 d'altezza sopra due di diametro.

» Tutta l'arte consisterà nel fare in modo che quando si livella con que-
» sto stromento, la lente, le alidade e le due superficie acquee R e V sieno
» sempre esattamente nella stessa precisa direzione:

» 1. Se il raggio visuale che dirige l'intersezione dei fili in croce nel cannoc-
» chiale e l'altro raggio visuale che dirige l'intersezione dei fili in croce nei
» traguardi compariscono sempre ad una stessa altezza sul cartone che serve
» di mira, a 10, 20, 50, 100 tese di distanza e così del resto, è chiaro che i
» traguardi e il cannocchiale hanno sull'appoggio comune la posizione precisa che
» debbono avere, e che la linea condotta dall'asse del cannocchiale è perfettamente
» paralella alla linea condotta per le intersezioni dei fili de' traguardi, almeno rela-
» tivamente alla direzione orizzontale, di cui qui trattasi unicamente;

» 2. Se il raggio visuale che dirige l'intersezione dei fili in croce nel cannoc-
» chiale e l'altro raggio visuale che dirige l'intersezione dei fili in croce nel-
» l'uno e nell'altro traguardo, non appaiono sempre ad una stessa altezza sul
» cartone ove si mira successivamente a diverse distanze, è chiaro che il cannoc-
» chiale ed i traguardi invece di avere una direzione paralella, l'hanno divergente
» e non paralella, cui converrà correggere e rettificare.

» Ora, per fare questa correzione o rettificazione non s'avrà da far altro
» che innalzare o abbassare convenientemente una delle estremità del cannocchiale
» quella che porta l'oculare, fino a tanto che si trova che il raggio visuale diretto
» pel cannocchiale, ed il raggio visuale diretto pei traguardi, tocchino sem-
» pre e dovunque ad una stessa precisa altezza sul cartone che gli serve di
» mira.

» 3. Quando si sarà per tal modo bastantemente verificato e rettificato que-
» sto stromento, o si sarà ben determinata la posizione rispettiva che deve ave-
» re ciascun traguardo colla parte del cannocchiale colla quale è unito, converrà
» render stabile nel modo che si vorrà questa posizione rispettiva.

» Dietro l'idea che si è formata del livello ad acqua è facile concepire
» come dopo averlo ben fissato o stabilito sul suo piede in una stazione, si po-
» trà facilmente senza che minimamente se ne sposti il piede, volgerlo verso
» qualunque altro punto dello stesso orizzonte sensibile, al nord o al mezzodì,
» all'oriente o all'occidente.

» 1. Per appuntare il livello da un termine ad un altro senza spostarne il
» piede, non si tratterà che di far volgere convenientemente il cilindro conca-
» vo PD attorno il cilindro C*d*, ch'egli abbraccia e rinchiude, aprendo alquanto
» la vite H, se fa d'uopo, per serrarla in seguito quando lo stromento avrà
» preso la nuova posizione che si aveva in vista, figura 6.

» 2 È visibile che con questo mezzo l'orizzonte sensibile dell'occhio es-
» sendo sopposto in M ad eguale distanza dalle due superficie acquee R e V
» potrassi agevolmente trovare il livello di quel punto qualunque che si vorrà
» determinare, a levante o ponente, al nord o al mezzodì, sopra o sotto que-
» sto stesso orizzonte sensibile MVX dell'occhio, senza aver punto bisogno di
» levare il piede dello stromento, il che è di vantaggio inestimabile nelle ope-
» razioni di livellazione, specialmente in quella ove si pone il livello a distan-
» za presso a poco eguale fra i due termini da livellare; per esempio, fra i
» due termini B e C figura 10, o fra i due C e D figura 11.

» Quando si sarà appuntato il livello d'acqua verso un nuovo termine,
» non si tratterà più che di mettere i due traguardi all'altezza precisa delle due
» superficie acquee, il che sarà l'opera di un solo istante.

» Si vede facilmente che è possibile ed anche che è facile render più
» semplice il livello ad acqua, ma rendendolo meno preciso, meno esteso e me-
» no perfetto. Per esempio, per procurarsi a pochissima spesa un livello ad
» acqua facile da trasportare e che sarà utilissimo in moltissime picciole li-
» vellazioni:

» 1. Si faccia costruire un tubo semplice ricurvo AB di banda di ferro, figu-
» re 5 e 6, di forma cilindrica, tre piedi circa lungo e con dieci linee di dia-
» metro, e si faccia saldare in MP un altro tubo cilindrico di banda per cui pos-
» sa posare questo stromento sopra un piede come IKCN, o sopra un sem-
» plice bastone appuntato PN, armato di un appoggio di ferro al basso, che si
» pianterà presso a poco verticalmente comprimendolo col tallone, nel terreno
» che si sarà preso per stazione;

» 2. Nella parte ricurva del tubo AB, si attacchino col mastice due tu-
» betti cilindrici di vetro aperti all'alto ed al basso, alti due pollici e mezzo,
» sopra 8 in dieci linee di diametro.

» Versando dell'acqua in uno di questi due tubi, si eleverà da una par-
» te e dall'altra fino verso il mezzo della loro altezza ove avransi due super-
» ficie acquee a livello fra loro.

» Per questo mezzo, diretto il raggio visuale sullo due superficie acquee
» darà molto esattamente da una stazione all'altra in picciole distanze, il livel-
» lo apparente, da cui sarà facile dedurne il livello vero; ed aiutando la vista
» se occorre con una buona lente, specialmente acromatica o triplice obbietti-
» va, si potrà cavare miglior partito o fare un uso alquanto più esteso di
» questo livello ad acqua ed a semplici traguardi.

» Livellare è trovare con uno stromento due punti egualmente distanti dal
» centro della terra; e l'oggetto della livellazione è di sapere precisamente quan-
» to un punto sia elevato o abbassato sopra o sotto un altro punto determinato.

» Si danno due specie di livello, il vero e l'apparente.

» Il vero livello è una linea curva, perocchè percorre una parte della so-

» perficie del globo terrestre e che ha tutti i punti della sua estensione egual-
» mente distanti dal centro della terra.

» Il livello apparente è una linea retta che deve essere corretta sul vero
» livello; qui presso offro una tavola delle correzioni da farsi secondo le di-
» stanze.

» Si evita la necessità di correggere il livello apparente sul vero volgen-
» dosi ad angolo retto sui due termini di una livellazione, il che si dice un
» colpo di livello compreso fra due stazioni. Si danno di rado colpi di livello
» lunghi 300 tese in una sola operazione; la portata della vista è troppo de-
» bole per estendersi così da lungi, quando non si applichi al livello un can-
» nocchiale a lunga vista.

TAVOLA dell'innalzamento del livello apparente sopra il vero, fino alla distanza di 4000 tese (metri 7796, 145).

DISTANZE	INNALZAMENTI			
TESE	PIEDI	POLLICI	LINEE	METRO, MILLIMETRO
50	0	0	0 ½	0, 001
100	0	0	1 ⅓	0, 003
150	0	0	3	0, 007
200	0	0	5 ⅓	0, 012
250	0	0	8 ⅓	0, 019
300	0	1	0	0, 027
350	0	1	4 ⅜	0, 037
400	0	1	9 ⅓	0, 048
450	0	2	3	0, 061
500	0	2	9	0, 074
550	0	3	6	0, 095
600	0	4	0	0, 108
650	0	4	8	0, 126
700	0	5	4	0, 144
750	0	6	3	0, 169
800	0	7	1	0, 191
850	0	7	11 ⅓	0, 215
900	0	8	11	0, 242
950	0	10	0	0, 271
1000	0	11	0	0, 298
1250	1	5	2 ½	0, 466
1500	2	0	9	0, 670
1750	2	9	8 ½	0, 913
2000	3	8	0	1, 192
2500	5	8	9	1, 861
3000	8	3	0	2, 680
3500	11	2	9	3, 647
4000	14	8	0	4, 765

» In questa tavola, la prima colonna indica in tese le distanze fra la sta-
» zione ove si è fatta la livellazione ed il luogo ove si punta il livello.

» Le altre colonne contengono i piedi, pollici e linee, o le loro riduzioni in
» metri e millimetri, il cui livello apparente è più elevato dal vero per le di-
» stanze indicate nella prima colonna; in guisa che si deve abbassare il livello
» apparente della quantità di piedi, pollici, linee o metri o millimetri delle co-
» lonne seguenti, secondo le distanze corrispondenti, per avere il vero livello.

» La regola che serve a far trovare l'innalzamento del livello apparente so-
» pra il vero è di dividere il quadrato della distanza pel diametro della terra,
» che secondo la misura di M. Picard è 6,538,594 tese; ed è perciò che gl'in-
» nalzamenti del livello apparente stanno fra loro come i quadrati delle distan-
» ze, come puossi vedere nella tavola precedente.

» Il calcolo è facile, poichè per trovare questi innalzamenti basta dividere
» il quadrato della prima distanza ed il quadrato della seconda pel diametro
» della terra, al quale si danno come abbiamo veduto 6,538,594 tese e che
» ne ha 1375 di più sotto Parigi.

» Ma poichè i diametri della terra che fanno qui la funzione di divisori,
» qualunque ne sia la grandezza sono eguali per l'una e per l'altra distanza,
» è chiaro che i due quozienti saranno fra loro come i dividendi, onde si può
» risparmiare la pena di fare la divisione.

» Tutto il calcolo si ridurrà adunque ad elevare al suo quadrato la prima
» distanza, che supporremo di 300 tese, ad elevar pure al suo quadrato la pri-
» ma distanza più grande che supporremo di 1000 tese e paragonare fra loro i
» quadrati 90000 e 1000000, che dietro la riduzione, staranno fra loro come
» 9 a 100 e circa come 1 ad 11.

» Vi sono due specie di livellazione, la semplice e la composta: la livella-
» zione semplice è quella che si fa da un luogo poco distante da un altro
» e in una sola operazione.

» La livellazione composta è quella che richiede molte operazioni di seguito
» per una distanza considerevole. . . .

» Nella livellazione semplice si cerca di conoscere l'altezza rispettiva di due
» punti dati sopra la superficie o prossimi alla superficie terrestre per giudicare
» se sono a livello fra loro o se non lo sono; per giudicare quanto uno è più
» elevato dell'altro sopra il vero livello, cioè sopra un lago perfettamente tran-
» quillo, la cui superficie toccherebbe precisamente a quello di questi due punti
» che è il più basso, e si stenderebbe da lungi sotto quello che è più alto.

» Fa d'uopo osservare qui che essendo dati due punti da livellare, il livello
» può avere una triplice posizione differente riguardo a questi due punti; per-
» chè può essere collocato successivamente sull'uno e sull'altro o essere si-
» tuato fra l'uno e l'altro ad eguale distanza da ciaschedune, o essere situato
» pure fra l'uno o l'altro, ma ad ineguale distanza dall'uno o dall'altro.

» Di queste tre posizioni del livello, riguardo ai due punti da livellare, ri-
» sultano come tre metodi di livellazione, il primo de' quali, cioè ove lo stro-
» mento è situato successivamente sull'uno e sull'altro termine, ed ove le sta-
» zioni e i termini del livello non sono che una stessa cosa, è ad un tempo il
» più semplice ed il più sicuro e ad esso ridurre si possono in causa della sua
» semplicità e della sua sicurezza, tutte le principali operazioni della livella-
» zione composta.

» I punti BD, figure 7, 8 e 9, Tav. B, sono i termini della livellazione. Le estre-

» mità G, H della linea GH sono due punti del vero livello nelle stazioni B, D, cioè
» sopra o sotto i termini della livellazione. Per uno di essi D sia condotta DE,
» paralella a GH, fino al punto E alla stazione dell'altro termine; egli è evidente
» che i punti D ed E saranno anch'essi nel livello vero; frattanto se la linea
» G H che si è stabilita nel vero livello passa fra questi termini come nella fi-
» gura 7, ove GH è al disopra di B e sotto D, la somma delle linee BG, DH
» sarà la differenza del livello de' termini proposti. Ma se i termini B, D, sono
» tutti e due sopra o sotto la linea GH come nelle figure 8 e 9, la differenza
» delle distanze BG, DH, fra i termini e la linea GH, sarà la differenza dei
» termini proposti da livellare.

» *Problema primo* — Fare una livellazione semplice collocando successiva-
» mente il livello sull'uno e sull'altro termine della livellazione, figura 10.

» Dati i due termini D e B da livellare, si collocherà successivamente il
» livello ad acqua, o il livello a perpendicolo se la cosa è possibile, su ciascu-
» no di questi due termini, e sul termine opposto a quello ove si livella si farà
» elevare successivamente il bastone e la mira BK ed AR.

» La differenza delle due altezze AR, BD sotto la linea di livellazione RD,
» sarà la differenza del loro livello vero; e se la linea BD è esattamente più
» alta pollici 26 che la linea AR, il punto B sarà esattamente 26 pollici sotto
» il livello del punto A.

» 1. In questo primo metodo o nel livello reciproco non si ha bisogno per
» avere l'altezza relativa dei due termini da livellare nè di misurare la distanza
» dei termini A o B, nè di assicurarsi dell'aggiustatezza dello stromento NM.
» La ragione si è che qui le stazioni ed i termini della livellazione non essen-
» do che una stessa cosa, le distanze dei termini A, B, sono necessariamente egua-
» li; e nelle distanze eguali AB e BA, l'innalzamento del livello apparente co-
» me pure l'errore dello stromento aggiungono o sottraggono quantità eguali alle
» altezze trovate AR, e BD, il che non cangia in nulla l'eguaglianza o la dif-
» ferenza di queste due altezze.

» Supponiamo, per esempio, che lo stromento MN abbassi la mira di 7
» pollici sul bastone BD; collocato poi in BD abbasserà del pari la mira per
» 7 pollici sul bastone AR a BD la cui differenza, se queste quantità non
» sono punto eguali, dà la differenza del livello che si doveva cercare e trovare.

» Si può dire la cosa istessa del livello apparente: ciò che dapprima dà di
» più in altezza al bastone BD, esso lo dà anche al bastone AR e sussiste la
» stessa differenza d'altezza.

» 2. Vedesi qui che questo metodo non importa veruna correzione da farsi
» dopo la livellazione nei risultati che ne derivano; ed è ciò che deve principal-
» mente farlo preferire ad ogni altro, massime nella livellazione composta ove
» è facile ammetterlo, ed ove è così importante di evitare la complicazione delle
» cose e delle idee.

» *Problema secondo.* Fare una livellazione semplice supponendo il livello
» situato ad eguale distanza dai due termini da livellare.

» Nella livellazione semplice quando non è possibile situare successivamente » il livello sui due termini, si potrà cercare di situarlo esattamente a distanza » eguale dall' uno e dall' altro termine. In questo caso, dopo che si sarà ben as» sicurati di questa egualità di distanza fra l'uno e l'altro termine, la livella» zione diverrà così facile e così poco complicata come nel caso prece» dente.

» 1. Dati due termini B, C da livellare, ed essendo situato il livello in AR, » figura 10, ad eguale distanza dall' uno e dall' altro, è indifferente che le » due linee di veduta condotte dalla stazione ov' è il livello sieno nello stesso » piano verticale e non facciano che come una medesima linea retta; o che » queste due linee RD ed RE, dirette una verso ponente, per esempio, e l' al» tra verso nord-est, o nord-ovest, facciano fra loro un angolo qualunque, acuto » o ottuso, di cui la stazione R sarà la sommità.

» 2. Dati due termini B e C da livellare, ed essendo situato il livello ad » eguale distanza dall' uno e dall' altro termine in guisa che le linee RE ed RD, » se non fanno una stessa linea retta, facciano l' angolo di un triangolo isoscele » qualunque, è indifferente che il livello sia giusto o no.

» *Problema terzo.* Fare una livellazione semplice supponendo il livello si» tuato ad ineguale distanza dai termini da livellare.

» Nella livellazione semplice avviene frequentissimamente che il livello non » può essere situato nè sui due termini da livellare, nè ad eguale distanza da » essi; allora si sceglie ad ineguale distanza da essi la stazione più comoda per » questa doppia livellazione.

» In questo caso converrà conoscere esattamente la distanza intercetta fra » la stazione ove si livella e l'uno e l'altro termine della livellazione, onde si » possano fare al tavolo, finita che sia la livellazione, su ciascun termine » di essa, le correzioni geometriche che esige necessariamente l'ineguale in» nalzamento del livello apparente nelle distanze ineguali; e in queste stes» se distanze ineguali, l'ineguale errore dello stromento se esso non è perfet» tamente giusto. (Queste correzioni non giovano se non quando si vuol otte» nere la massima precisione). Quando tratterassi di fare qualche grande livel» lazione di quest'ultima specie, sarà della più grande importanza, per sempli» ficare le operazioni, di non servirsi che di un livello perfettamente verificato » e rettificato.

» Quando il livello è perfettamente giusto ed esatto non vi è più altra » correzione da fare nelle altezze trovate sulle aste che quella che si esige dal» l'ineguale innalzamento del livello apparente, circa l'ineguale distanza dai ter» mini che si sono livellati.

» Supponiamo che si volesse fare una grande livellazione composta da A » in F, figura 11.

» La livellazione composta non è altro che una serie di livellazioni sem» plici, tutte fra loro legate dalla prima fino all' ultima.

» Indicherò le cognizioni e le operazioni preliminari che sono necessarie per » giugnere a far bene questa livellazione.

» L'intrapresa di una grande livellazione composta esige necessariamente, » per parte di chi è incaricato a dirigerla, certe cognizioni, istruzioni ed operazioni preparatorie delle quali daremo qui un'Idea succinta. L'ingegnere incaricato dell'intrapresa deve prima considerarla ne' suoi preparativi.

» 1. Sarà necessario che percorra e studi egli stesso tutto il terreno da » livellare, dal primo termine A fino all'ultimo F, affinchè scelga e vi determini » i punti A, B, C, D, E, F, che troverà i più propri a servirgli di stazioni » ed a legare il primo termine all'ultimo.

» 2. Converrà ancora che su questi punti ben scelti e ben determinati, che » avrà preso per quanto è possibile nella linea più breve che si possa per andare livellando dal primo all'ultimo termine, faccia piantare grossi picchetti » di 3 o 4 piedi di lunghezza che sporgano soltanto alcuni pollici fuori di terra » in modo che si possano facilmente trovare e che non si possano svellere che » assai difficilmente.

» L'andamento di questi picchetti che sono destinati a fissare ed a far » trovare in caso le stazioni della livellazione sarà assai spesso ad angoli saglienti » e rientranti secondo lo stato del terreno da livellare; e la distanza dall'uno » all'altro angolo sarà comunemente di circa cinque o seicento tese almeno per » non moltiplicar troppo le stazioni, ed al più di mille e duecento tese » per evitare l'inconveniente o il pericolo delle rifrazioni.

» 3. Converrà in fine che sia munito di un buon livello ben verificato e » ben rettificato, per evitare la complicazione delle correzioni da fare quando il » livellamento non è reciproco; che sia munito di un buon grafometro per misurare geometricamente la distanza da una stazione all'altra quando non può » essere misurata colla pertica o colla catena; o che abbia sotto i suoi ordini » un numero sufficiente di buoni aiutanti che con lui concorrano al successo di » tutta l'operazione.

» Preparato in tal modo e disposto il tutto si procederà alla livellazione » mettendo dapprima il livello sulla prima stazione A dalla quale si livellerà la » seconda stazione B; mettasi poi il livello nella seconda stazione B d'onde si livellerà o la prima A, e la terza C, o così di seguito fino all'ultima stazione F, » il che riduce tutta la livellazione composta ad una serie legata di livellazioni » reciproche che si riduce come vedesi ad osservar l'andamento alternativo fra il » livello e l'asta per tutta la livellazione.

» A ciascuna stazione converrà avere grandissima cura di ben stabilire e » calare il piede del livello affinchè sia e rimanga immobile mentre si livella da » una stazione all'altra; e perciò s'impiegherà se fa d'uopo la marra e la » mazza per unire o consolidare il terreno, vi si pianteranno pure in caso di » bisogno de' picchetti per servire di punti d'oppoggio e se è necessario s'impiegherà il martello per rompere un poco la pietra o la roccia e per formarvi » un punto d'appoggio conveniente.

» Quando una stessa stazione, per esempio D, serve per due livellazioni
» successive da D in C e da D in E, se si livella col livello ad acqua non vi
» sarà nulla da cangiare nella posizione di questo livello, che si limiterà a farlo
» girare convenientemente attorno di sè.

» In ciascuna stazione particolare della livellazione composta, la quale fa
» qui anche la funzione di termine, vi saranno tre cose da fare che consiste-
» ranno:

» Nel misurare esattamente la distanza da una stazione all'altra, non per
» fare correzioni sui risultati della livellazione, che qui non ne avranno ve-
» run bisogno, ma per conservare un'idea esatta di tutto il terreno livellato;

» Nel prendere esattamente l'altezza rispettiva di ciascuna stazione sopra
» e sotto la linea della livellazione attuale;

» Nel tenere esatto registro in doppia colonna di queste distanze e di que-
» ste altezze dopo ciascuna particolare livellazione in modo tale che ciascuna
» colonna di questo registro abbia sempre un termine comune coll'altra colonna
» o che l'altezza d'una stazione, dopo essere stata scritta nella prima colonna
» sia sempre scritta immediatamente dopo anche nella seconda.

» Parliamo ancora di un'altra grande livellazione composta, per esempio,
» da A in R a traverso di montagne, figura 12.

» Scelte bene e ben determinate le diverse stazioni A, B, C, D, E, F,
» R ove si potrà collocare successivamente il livello ad acqua, questa seconda
» livellazione composta si ridorrà al pari della precedente, ad una serie legata
» di livellazioni reciproche da A in B e da B in A, da B in C e da C in B,
» e così del resto; e si effettuerà nella stessa maniera precisamente.

» In una grande livellazione composta avviene talvolta che una stazione ne-
» cessaria B, che non si può fare a meno di scegliere, si trova troppo elevata
» sopra un'altra stazione necessaria A, perchè si possano elevare su questa le aste
» che giungano all'orizzonte sensibile *ba* di quella; in questo caso particolare
» per eseguire la livellazione;

» 1. Si potrà cercare in vicinanza della stazione A, più o meno lontana
» verso il nord o verso il mezzodì, verso levante o ponente, qualche altra sta-
» zione più elevata che si possa sostituire a quella dopo aver cercata e deter-
» minata esattamente la loro differenza del livello vero. Qualche alta eminenza,
» una terrazza o un belvedere di qualunque castello assai elevato, potranno di-
» venire questa stazione sostituita, d'onde converrà che si possa vedere la sta-
» zione B.

» Con questo mezzo, collocando successivamente e il livello e l'asta sulla
» stazione che si sostituirà alla stazione A si ridurrà questa parte della livel-
» lazione ad una livellazione semplice reciproca; e se la stazione sostituita si
» trovasse ancor troppo bassa, si potrebbe collocare una gran scala a mano il
» cui piuolo più alto servirebbe di appoggio all'asta ed anche al livello ad acqua.
» È chiaro che si potrà dire lo stesso di qualunque stazione similmente situata,
» per esempio, della stazione D, rapporto alla stazione C od E;

» 2. Supponendo che questo doppio vantaggio manchi o sia insufficiente, » potrassi tentare di livellare a parti interrotte col mezzo d'un livello ad acqua » a semplici traguardi, tutto lo spazio A*m*B, tenendo esatto registro, dopo cia» scuna battuta di livello particolare, della quantità di cui si sale o si discen» de, passando successivamente da una picciola distanza ad un'altra.

» 3. In difetto di tutte queste risorse, potrassi con un buon grafometro e » colle leggi geometriche, misurare il triangolo *avb* nel quale si cercherà dap» prima la distanza o la base *vb*.

» Ben conosciuta questa base misurerassi col grafometro *v*, l'angolo *avb* in» tercetto fra la base *vb* e il lato *va*, che è il perpendicolare all'orizzonte del punto *v*; » si misurerà del pari l'angolo *abv* intercetto fra la base *vb* ed il livello appa» rente *bo*, che qui si dovrà prendere con uno stromento perfettamente verificato » e rettificato; dopo ciò nel triangolo *avb*, si conosceranno geometricamente i tre » lati. La misura del secondo angolo *abv* non è utile che per la verificazione » attesochè la conoscenza dell'ipotenusa *bv* e dell'angolo acuto *v*, basta per ri» solverlo interamente.

» Si conoscerà per conseguenza l'altezza A*va* che sarà la differenza di » livello vero, fra la stazione A e la stazione B, quando da quest'altezza A*va*, » si sarà tolto ciò che vi metta di troppo l'innalzamento del livello apparente *bo* » alla distanza conosciuta che ha da *b* in *a*.

» *Problema quarto.* Trovare di quanto il punto A di un fiume sia più alto » o più basso del punto R di un altro fiume, e determinare i punti ove potreb» be esser fatto un canale di comunicazione fra i due punti A ed R di questi » due fiumi.

» *Soluzione.* Supponiamo in questo luogo che i due fiumi A ed R non ab» biano nulla di comune con quelli della precedente livellazione, oltre il terreno » che si trova situato fra l'uno e l'altro, Tav. B, figura 12.

» 1.° Se non si trattasse qui che di cercare e trovare la differenza di li» vello fra i due punti dati A ed R si opererebbe in questa terza livellazione » composta, precisamente come si è operato nelle due precedenti, cioè prendendo » prima nella via più breve e comoda le differenti stazioni che debbono legare » il primo all'ultimo termine e che verosimilmente non saranno sempre quelle » ove dee essere tracciato e situato il canale, riducendo in seguito tutte le ope» razioni successive di livellazione ad una serie collegata di livellazioni reciproche, » e tenendo sempre un registro esatto di ciascuna livellazione particolare.

» Ma siccome qui trattasi di fare un gran canale d'irrigazione o di navi» gazione per dove l'acqua d'uno di questi due fiumi possa avere il suo libero » scolo nell'altro, e se è possibile che non vi sia altra differenza di livello » fra i due punti dati A ed R di questi due fiumi che la necessaria indispen» sabilmente per lo scolo delle acque, è chiaro che questa terza livellazione deve » esigere per parte del capo che deve dirigerla, alcune attenzioni e qualche ope» razione particolare di cui è utile dare almeno un'idea generale.

» Converrà dapprima che faccia piantare de' grossi picchetti a fior d'acqua
» sui due punti A ed B dei due fiumi ove deve cominciare o terminare il ca-
» nale progettato; e che trovi precedentemente, se occorre, col mezzo di una
» livellazione preliminare l'esatta differenza di livello fra questi due punti; ac-
» ciocchè possa decidere prima d'ogni altra cosa se l'impresa è possibile o no,
» facendo attenzione che il libero e facile scolo dell'acqua in un gran canale,
» fatta astrazione dai salti e dalle cadute, esige circa un piede di inclinazione
» continua sopra mille tese d'estensione in linea retta od angolare e tortuosa,
» da un termine all'altro.

» Converrà quindi che si munisca di un buon livello ad acqua a semplici
» tragnardi o a bolla d'aria; e che con questo livello percorra ed esamini mol-
» to attentamente tutto il terreno che si trova intercetto fra i punti A ed B,
» per determinarvi in grosso la linea retta od angolare AGHIKLOPQR, sulla
» quale dev'essere incavato o costrutto il canale progettato, risparmiando colla mag-
» giore economia, se la cosa è necessaria, da una stazione all'altra, l'incli-
» nazione successiva che vi dovrà distribuire.

» Converrà ancora che tracciando la posizione successiva del canale in tutti
» i suoi angoli saglienti e rientranti levi con sufficiente esattezza la pianta del
» terreno su cui deve passare questo canale, onde possa marcarvi i punti ove il
» terreno possa esigere dei tagli per dargli passo od argini per elevarlo o per
» fortificarlo.

» Converrà infine, se la cosa esige maggior precisione, che dopo aver determi-
» nati grossolanamente tutti questi oggetti, ricominci con un livello più esteso
» o più perfetto a livellare esattamente tutte le stazioni AG o GA, GH e HG
» e così di seguito per la ragione che fino al presente non ha ancor preso che
» all'ingrosso il livello relativo di queste stazioni diverse, e che sovente è del-
» la maggiore importanza l'avere questo livello relativo colla massima preci-
» sione.

» Giova sapere in qual modo si traccia il profilo di una livellazione com-
» posta. Questa operazione che è principalmente la rettificazione della linea
» angolosa della livellazione, consiste nel collocare o disegnare sopra e sotto di una
» stessa linea retta o indefinita che si supporrà essere una vera linea del livel-
» lo, tutte le diverse stazioni di una stessa livellazione colle distanze ed al-
» tezze rispettive non solo di queste stazioni ma anche di tutti i terreni che
» si trovano intercetti fra esse, il che non esige altra cognizione scientifica
» che quella che ha per oggetto la linea delle parti eguali o proporzionali, col
» mezzo della quale si riducono le figure geometriche dal grande al picciolo.

» Aggiugneremo alcuni principi ed osservazioni estratte dal *Trattato com-
» pleto sulla Teoria e sulla pratica della livellazione, di* M. Fabre.

» Sulla superficie della terra il livello vero è indicato dalla superficie delle
» acque o di altri fluidi in uno stato d'inerzia e di stagnazione.

» Se di due linee che si tagliano ad angoli retti l'una è di livello
» oppure verticale, l'altra sarà a piombo o di livello rispettivamente.

» Se due linee che partono dallo stesso punto si elevano o si abbassano
» sotto angoli eguali rapporto alla linea del livello apparente che parte da que-
» sto punto a distanze eguali, queste due linee saranno egualmente elevate so-
» pra o abbassate sotto il livello vero.

» La tavola di Picard indicata qui sopra, si applicherebbe a tutti i casi
» se la terra fosse perfettamente sferica. Ma la forma del globo essendo ellittica,
» schiacciata verso i poli ed elevata verso l' equatore, una tavola d' innalza-
» mento del livello apparente non può essere generalizzata.

» Limitandosi a picciole distanze che non eccedono i 600 metri, si può
senza tema d' errore adoperare la tavola seguente.

DISTANZE IN METRI	INNALZAMENTI del livello apparente sul vero	ABBASSAMENTO causato dalla rifrazione	ECCESSO del livello apparente sopra il livello vero circa l'abbassamento prodotto dalla rifrazione
m	m	m	m
100	0, 00078	0, 0001	0, 00068
200	0, 00312	0, 0005	0, 00262
300	0, 00702	0, 0011	0, 00592
400	0, 01248	0, 0020	0, 01048
500	0, 01950	0, 0031	0, 01640
600	0, 02808	0, 0045	0, 02358

» Questa tavola basta a tutti i bisogni della pratica attesochè non si può
» dare con precisione una battuta di livello ad una distanza maggiore di 600
» metri.

» Se il seguito di una livellazione conduce fino alle rive di un lago o di
» uno stagno da traversare, si deve riferire la livellazione alla superficie delle
» acque e riprenderla all' altra riva partendo da questa stessa linea; o per
» maggior sicurezza stabilire su ciascuna riva un segno immutabile e se-
» gnarvi la superficie delle acque allo stesso momento. Questa precauzione è
» indispensabile sulle rive del mare ove esiste marea.

» Un fiume è navigabile a vela salendo, allorchè la sua inclinazione non
» ecceda 0,0947 sopra 195 metri di lunghezza (tre pollici e 6 linee su 100 tese). In
» questa specie di fiumi il livello della superficie delle acque è lo stesso da
» una riva all' altra. Ma se l' inclinazione del fiume fosse maggiore avrebbe al-

a lora una convessità sulla superficie dello acquo, e non si sarebbe sicuri che
» le due rive fossero a livello, in causa delle variazioni della corrente che di
» spesso si porta più da una parte che dall'altra. In tal caso se si vuole at-
» traversare il fiume con una livellazione, determinerassi la sua larghezza colla
» trigonometria, e si calcolerà coll'ultima tavola la differenza fra il livello ve-
» ro o l'apparente; e si riprenderanno le operazioni all'altra sponda del
» fiume.

» Vi sono casi ne' quali le acque benchè stagnanti in apparenza, non
» hanno tuttavia lo stesso livello: tali sono le acque di molte paludi.

» Il livello de' muratori, così chiamato perchè è specialmente usato da loro
» nella costruzione degli edifici per regolare i letti delle diverse corsie, è formato
» con un semplice triangolo isoscele i cui due lati o regoli sono ad angolo retto.

» Essendo d'altronde eguale ogni cosa, questo livello sarà tanto più esat-
» to quanto più lunghi saranno i lati del triangolo, e quanto il filo a piombo
» passante per la sommità, sarà più dilicato.

» Il regolo a cui si appoggia questo livello deve essere retto, egualmente
» grosso per tutta la sua lunghezza, e forte in guisa che il suo peso, nel caso
» ove fosse sostenuto dalle sole estremità, non lo faccia piegare nel suo mezzo.

» Quando si fa uso del livello ad acqua è utile colorarla col vino o con
» altra sostanza per farla contrastare col colore del vetro.

» Questo livello s'impiega di rado in grandi operazioni che esigono molta
» precisione, non essendo che 30 metri la sua portata ordinaria. Lo spessore
» di circa 2 millimetri dell'anello che si forma sull'acqua in ciascuna bottiglia,
» le oscillazioni frequenti che vi si osservano nelle stagioni ventose, la fatica che
» provano gli occhi nel prender di mira esposti al sole, sono inconvenienti ai
» quali non si può rimediare. Il livello a traguardi è ancora più difettoso. In
» quanto al livello a bolla d'aria ed a traguardi, la sua portata ordinaria non
» deve eccedere i cento metri, ed è anch'esso soggetto a molti inconvenienti.
» Il livello a bolla d'aria ed a cannocchiale riunisce i maggiori vantaggi; e
» quando è esattamente verificato, il che invero è lungo ed esige molta attenzione,
» dà i più esatti risultamenti, ed è preferito negli argini e strade. Sembra che deb-
» basi limitare la portata di questo livello a circa 200 metri, il che darà per
» ciascuna stazione presso a poco 400 metri, metà indietro e metà avanti.

» Per livellare non basta avere un livello: sono ancora necessari diversi stro-
» menti accessori, come le pallino per tracciare la via su cui si deve operare,
» una mira per fissare le altezze del raggio visuale, una catena metrica per mi-
» surare le distanze, segni per marcare il numero delle catene, picchetti ecc.

» La costruzione della mira influisce molto sulla esattezza delle livellazioni.
» Essa è formata d'ordinario con un forte regolo di legno duro ben secco alto
» due metri, largo sei, od otto centimetri con tre o quattro di grossezza, avendo
» le estremità munite di ferro o di rame ond'evitare gli accorciamenti. Essa è
» vuota ed incavata a coda di rondine per tutta la lunghezza della faccia che

» deve essere rivolta dalla parte del livello. Il vuoto è destinato a ricevere una
» mira addizionale o supplementaria che pel suo movimento d'ascensione aumenta
» l'altezza della mira principale o dell'asta. Le divisioni della mira principale
» e della suppletoria, debbono essere marcate con molta precisione di centimetro in
» centimetro. Col mezzo di un *nonius* collocato sulla piastra della mira si può
» facilmente conoscere il numero dei millimetri, se ve ne sono.

» Quando le distanze della parte anteriore e della posteriore sono eguali,
» la differenza delle altezze di mira prese con un livello difettoso è la stessa
» di quella delle altezze di mira prese con un livello rettificato.

» La verificazione completa di un livello a bolla d'aria ed a cannocchiale
» consiste in questo:

» 1. Rendere i due fili che s'incrociano nel cannocchiale, uno verticale o
» l'altro orizzontale;

» 2. Far cadere l'intersezione di questi due fili nell'asse del cannocchiale;

» 3. Render poscia paralelli al piano delle piastra del ginocchio, prima
» l'asse del cannocchiale, quindi il tubo a bolla d'aria.

» *Prima operazione.* Stabilito solidamente lo stromento sul suo piede, col
» mezzo delle due viti del ginocchio si metterà presso a poco a livello il piano
» delle piastre. Si dirigerà quindi il cannocchiale verso una linea verticale, come
» sarebbe l'angolo di una casa. Si condurrà su questa linea il filo verticale
» spingendo col dito il cannocchiale a destra o a sinistra. Se questo filo coin-
» cide con questa linea non si toccherà punto la vite; ma se avvenisse il con-
» trario, si farebbe coincidere il filo, o in questo stato, con un paravite si
» farebbe toccare il tallone della vite del cuscinetto colla copiglia. Si volgerà quin-
» di il cannocchiale sui cuscinetti in modo che la copiglia che prima era di
» sopra cada di sotto; e si ripeterà riguardo a questa copiglia le stesse operazioni
» che per la precedente. Con questo mezzo il filo diverrà verticale, e per con-
» seguenza il secondo sarà orizzontale.

» Del resto questa operazione non è che preparatoria e per facilitare le se-
» guenti. Essa a rigore esige che lo stromento sia già verificato nelle sue parti
» essenziali. Così converrà ritornarvi e perfezionarla quando si sarà stabilito il
» paralellismo fra il piano delle piastre, l'asse del cannocchiale e il tubo a
» bolla d'aria.

» *Seconda operazione.* Disposto il cannocchiale sui suoi cuscinetti in modo
» che la copiglia inferiore tocchi il tallone della vite corrispondente, supponiamo
» che il filo orizzontale non passi per l'asse del cannocchiale.

» Si metterà la mira alla maggior possibile distanza, tale nondimeno che
» la visione sia perfettamente distinta, e si stabilirà sopra un punto fermo e
» solido. Adocchiando verso la mira si prenderà la costa del punto di coinci-
» denza col raggio di veduta. Si girerà il cannocchiale sui suoi cuscinetti,
» sossopra, senza nulla cangiare la sua direzione e si prenderà una nuova costa.
» Si fisserà la mira ad un'altezza che sia la metà delle due coste trovate; e col

» mezzo di una vite si farà muovere verticalmente l'o'' iettiva fino a che il rag-
» gio di veduta passante pel filo orizzontale coincida perfettamente col centro
» della mira nella sua ultima posizione. Allora veramente il filo orizzontale
» sarà nell'asse del cannocchiale. Vi si ricondurrà il filo verticale, se non vi si
» trova punto, con un processo analogo, collocando la mira orizzontalmente
» su due sostegni invece di metterla a piombo, ed avendo cura che il piede della
» mira sia appoggiato contro un punto fisso che non gli permetta di spostarsi.

» *Terza operazione*. Adocchiando verso la mira situata ad una grandissima
» distanza se ne prenderà la costa. Senza turbare la situazione del regolo, si
» volgerà il cannocchiale capo per capo e arrovesciato in modo che l' ocu-
» lare prenda il posto dell' obbiettiva e reciprocamente. Allora si volgerà il
» regolo e si adocchierà di nuovo sulla mira, di cui si prenderà la nuova co-
» sta. Fissata la mira ad una costa che sia la metà delle due che si vogliono
» ottenere, coll' aiuto della vite che è sotto uno dei cuscinetti, si farà coinci-
» dere il raggio di veduta col centro della mira. Allora l' asse del cannocchiale
» sarà paralello al piano delle piastre.

» Non rimane che render il tubo a bolla d' aria paralello allo stesso piano
» delle piastre. Perciò dopo aver montato lo stromento in modo che il regolo sia
» presso a poco a livello, ed aver collocata la mira sopra un punto solido, di-
» stante circa 100 metri, si dirigerà verso di essa una delle due viti ed il re-
» golo. Col mezzo delle viti si metterà il tubo a livello perfetto; si volgerà quin-
» di il regolo arrovesciato sul piano delle piastre. Se il tubo è ancora a li-
» vello, il paralellismo cercato esiste; ma se il livello è distrutto, col mezzo
» di una vite si alzerà od abbasserà il capo del tubo, osservando in questa ope-
» razione di non far percorrere alla bolla che circa la metà dello spazio che
» dovrebbe percorrere per giugnere alla linea di livello. Si ricomincierà a met-
» tere il tubo a livello ed a rivolgere il regolo finchè in tal movimento del
» regolo il livello del tubo non sia alterato o la bolla resti in mezzo. Allo-
» ra si potrà esser certi che il tubo sarà paralello al piano delle piastre nel sen-
» so del regolo. Così, mettendo a livello i due diametri delle piastre corri-
» spondenti alle due viti del ginocchio si potrà volgere lo stromento in tutti i
» sensi senza che la bolla d' aria abbandoni sensibilmente il mezzo del tubo; ma
» non si obblii giammai di ripetere alla fine la prima operazione per procurare
» ai due fili la loro vera direzione.

» Ogni livellazione deve cominciare e finire ad un punto fisso ed immutabile.
» Per tali specie di punti, che si chiamano *termini estremi* della livellazione, si sce-
» glie una roccia, la soglia della porta di un edificio, o qualche altro oggetto
» simile sul quale si traccia una croce o qualunque altro segno incancellabile che
» indica il punto ove si è collocata la mira. Indipendentemente da questi due
» termini, nelle grandi livellazioni, come quella di un canale, di una strada, del
» corso di un fiume e simili, è necessario aver altri punti intermedi che sono
» altrettanti termini parziali della livellazione e che si chiamano *termini di veri-*
» *ficazione*.

« La maggiore altezza della mira in una livellazione semplice corrisponde
» sempre al punto più basso, e la minore al più elevato.

» In una livellazione composta di molte stazioni sopra un terreno che di
» continuo si eleva, la differenza di livello fra i due termini estremi si trova
» sottraendo la somma delle altezze anteriori da quella delle altezze addietro; il
» contrario ha luogo quando il terreno si abbassa di continuo.

» In generale sopra un terreno ineguale qualunque ove sono salite e di-
» scese, fatta la somma delle coste avanti e quella delle coste addietro; si sot-
» tragga la più picciola dalla maggiore, e la differenza sarà quella del livello
» dei due punti estremi. Quello da cui si parte sarà il più elevato se la somma
» delle coste avanti supera quella delle coste addietro.

» Quando in una livellazione non si ha altro oggetto che di determinare la
» differenza d'altezza di due punti, è inutile il misurare le distanze dei diversi
» punti su cui si colloca la mira. Ma se si vuole avere la configurazione del
» terreno sopra una data direzione si prenderanno le distanze fra i differenti
» punti intermedi che serviranno colle coste della livellazione, a formare ciò
» che chiamasi profilo del terreno, tutti i punti del quale saranno costrutti per
» ascisse ed ordinate. Le ascisse saranno le distanze orizzontali che si saranno
» misurate, e le ordinate saranno le altezze rispettive date dalle coste della
» livellazione sopra una linea orizzontale presa per termine di comparazione.

» Per operare sul terreno con ordine ed esattezza, si forma d'ordinario un
» registro conforme al seguente modello. Quando non si ha bisogno di una
» estrema precisione si può fare a meno di tener conto dei millimetri nelle co-
» ste prese sul terreno.

NUMERI DELLE STAZIONI	ALTEZZE ALL'INDIETRO	ALTEZZE IN AVANTI	LUNGHEZZE FRA LE BATTUTE DI LIVELLO	OSSERVAZIONI
1.	1,432 (A)	1,542	40 met.	(A) Termine di partenza, ecc.
	1,541	2,174	100	
	1,312	1,453	190	
2.	2,104	2,146	90	
	2,246	1,274	98	
	2,313	2,104	100	
	2,411	2,006	112	
3.	1,971	1,845 (G)	70	(G) Segno di livellazione fuori della linea.
	1,845	1,314	115	
	1,314	1,607 (K)	156	(K) Termine d' arrivo.
Totale	18,489	17,465	1,071 m	

» La verificazione di una livellazione si fa con un'altra livellazione che d' ordinario si comincia in senso inverso. Se non vi si trova differenza nei risultati o è pochissima, si deve riguardare la livellazione come esatta. In generale sugli spazi ove sono stati commessi errori occorrono tre livellazioni, due delle quali si combinano, e la terza si abbandona come erronea. I grandi errori non provengono che dalla trascuranza nello scrivere o nel collocare le coste sul registro. Le verificazioni non hanno bisogno di catenatura. Per la verificazione delle livellazioni relative ai progetti di strado, basta ricominciare a grandi battute di circa trecento metri di distanza; e se trovasi un risultato differente di circa due in tre decimetri, se ne conclude che l' operazione è sufficientemente esatta. Circa le livellazioni relative ai lavori idraulici, debbono esser fatte sempre colla massima cura ed esigono una verificazione completa.

» La livellazione è imperiosamente necessaria pei lavori relativi alla condotta delle acque. In un canale d' irrigazione destinato a portare un certo volume di acqua da un punto all' altro, per servire all' irrigazione, il fondo non deve formare che un solo piano uniforme e costante nella inclinazione. Il pendio

» dev'essere in ragione inversa della grandezza del canale; cosicchè è minore
» nei grandi canali, e più grande nei piccoli. La minima inclinazione è di 0,17
» su cento metri di lunghezza. Nei piccioli canali, come quelli che servono a
» muovere un mulino da grano della più comune grandezza, sotto la caduta di
» circa 3 metri, essa debb'essere almeno di 0, o 41 sopra cento metri di lun-
» ghezza. Nei canali esclusivamente destinati alla navigazione, le acque non deb-
» bono avere che pochissimo ed anche verun movimento; e il fondo dev'essere
» perfettamente a livello o non formare che un piano solo continuato, ad ec-
» cezione dei punti ove converrà praticar delle cadute per le chiuse.

» In generale, il tracciamento di un canale si riduce a questo problema
» di livellazione: trovare sulla superficie del terreno tanti punti quanti si vorranno,
» tali che a ciascuno la profondità dell'escavazione doni, quant'è possibile, uno
» sterro eguale al riporto delle terre e che il fondo della fossa abbia una incli-
» nazione determinata o nulla secondo la destinazione del canale.

» Se trattasi di attraversare un bosco ceduo, nel caso in cui l'altezza delle piante
» non ecceda quella della mira sviluppata, si porrà il livello in siti eminenti
» d'onde si possano dominare gli ostacoli; ma se le piante s'innalzano sopra la
» mira sviluppata conviene ricorrere all'ascia o farsi luce sulla strada da se-
» guire. Se la foresta è di alto fusto, si abbatte d'ordinario il frondame e i legni
» piccioli per non lasciare che gli alberi, per gli spazi dei quali si può adoc-
» chiare facendo delle stazioni molto brevi o più moltiplicate.

» Se devesi attraversare una palude con tropp'acqua per passarvi a piedi
» si farà la canneggiatura con due battelli, e si prenderà la profondità dell'acqua
» a ciascuna catenata.

» Quando si deve prendere un profilo longitudinale sopra una strada trac-
» ciata e non costrutta convien fissare de'segni immutabili, ai quali si possa
» riferire durante la costruzione. Si mettono specialmente al fondo delle vallate,
» alla sommità dei monti, alle incrociature, nelle traverse dei comuni e sui ponti.

» Il profilo longitudinale di un fiume ha per oggetto il far conoscere l'in-
» clinazione delle acque e le ineguaglianze del fondo secondo la direzione del
» loro corso; e il profilo trasversale serve a constatare queste stesse inegualità
» per traverso; vi si marcano le linee delle acque alte, medie e basse. Queste due
» specie di profili sono necessarie in un gran numero di casi, e specialmente
» quando trattasi della costruzione de' ponti o di un canale laterale. Si riferisce
» la posizione dei segni alla superficie delle acque in fronte, e si prende la
» profondità della corrente. Le coste della profilo trasversale si ottengono con scan-
» dagli presi nei diversi punti di una corda o filo situato a traverso del fiume
» e tenuto più orizzontale che sia possibile.

» Levato un profilo sul terreno conviene in seguito trasportarlo sulla carta
» col mezzo di perpendicolari che fanno veci di ordinate, e che riuniscono tutti
» i punti della linea di profilo sopra una sola e stessa linea che si riguarda come
» orizzontale, e rappresenta, come si è già detto, la linea delle ascisse. D'or-

» dinario per evitare le troppo grandi lunghezze si adopera una scala particolare
» per le altezze ed un' altra minore per le lunghezze.

» Col mezzo di molti profili così trasportati si possono calcolare i cubi
» degli sterri e dei riporti che debbono formare le fosse o gli argini o le per-
» forazioni sotterranee che talvolta si devono fare per istabilire le strade e i
» canali. Col loro soccorso pure e colla linea delle acque alte si determinano
» il numero, la larghezza e la salita degli archi necessari per fornire il passo
» conveniente al fiume preso al tempo delle massime piene. Servono anche al-
» lorchè trattasi di ridurre il letto di un fiume che è troppo largo; ad assicu-
» rare se un fiume rialza il suo letto, ed a conoscere il progresso dell'innalza-
» mento.

» I profili traversali sono quelli che presi a due a due stabiliscono il rilievo
» del terreno su cui si vuole aprire una strada o un canale; d'onde risulta
» che da un profilo all'altro il terreno è diviso in molte fascie poliedre a fac-
» cie storte generate dal movimento di una retta paralella al piano verticale,
» passante per l'asse della via o del canale, e le cui estremità si appoggiano sulle
» linee del terreno date dai profili trasversali. Tale è la generazione del terreno
» indicata da M. Sganzin ispettore generale degli argini e ponti.

» I profili trasversali sono sempre perpendicolari alla direttrice, debbono
» essere in numero abbastanza grande e situati in modo che non si possa desi-
» derare alcuna costa intermedia a questi due profili per la rappresentazione esatta
» del terreno.

» Pel tracciamento delle strade in paesi di montagne s'impiegano utilissima-
» mente il livello inclinato, che dicesi *eclimetro*, il che dà, senza essere obbli-
» gati a misurare le distanze orizzontali, tutti i punti d'inclinazione che possono
» venir in acconcio sul terreno. Le livellazioni secondarie, per istabilire i profili
» trasversali si fanno col livello ad acqua e con un regolo a livello da muratore.

» La ricerca dell'eguaglianza dello sterro e riporto in un progetto di strada è
» un problema che non si può risolvere rigorosamente colla geometria. L'espe-
» rienza d'un ingegnere guidata dal considerare l'effetto delle inclinazioni proget-
» tate sul profilo in lunghezza, relativamente gli sterri e riporti che ne risultano,
» bastano d'ordinario per determinare le inclinazioni dei diversi punti della di-
» rettrice.

» Chiamansi *punti rossi* le coste che marcano le altezze comprese fra la
» direttrice e la linea del terreno naturale, e *punti di passaggio* quelli che mar-
» cano l'intersezione comune di queste due linee. Se l'intersezione ha luogo fra
» due coste C, C', il cui intervallo misurato orizzontalmente sia rappresentato
» da D, chiamando x la distanza del punto di passaggio alla Costa C, si ha
» $x = \frac{C.\ D}{C + C'}$.

» Se il pendìo del terreno, la cui inclinazione per metro è P, sale, mentre
» quello del progetto, la cui inclinazione è p, discende, si ha $x = \frac{C}{P + p}$; e se
» i due pendìi vanno nello stesso senso si ha $x = \frac{C}{P - p}$.

» Secondo la generazione indicata più sopra pel terreno o pel progetto, ogni » solido compreso fra duo profili essendo appoggiato contro là superficie del pro» getto avrà per base un piano o per faccia opposta la superficie obliqua del » terreno. I solidi saranno divisi secondo la loro lunghezza da piani verticali » paralelli. Se le quattro coste rosse corrispondenti a duo a due su duo profili » trasversali consecutivi sono tutte in sterro o rialzo i solidi avranno per base con» tro il progetto un quadrilatero. Se le coste corrispondenti sono le une in » sterro e le altre in rialzo vi saranno due solidi uno in sterro o l'altro in rial» zo aventi do' trapezi per base. Quella delle coste di questi trapezi che non » ha lato corrispondente paralello ò formata dai punti di passaggio. Talvolta » uno dei solidi ha per base un trapezio e l'altro un triangolo.

» Si possono dunque distinguere questi solidi in tre specie e chiamare b la » superficie della base; H, h, h', h'' le diverse altezze o coste rosse e V il vo» lume o la solidità.

» La prima a base triangolare, può avere una, due, o tre altezze, e si ha » $V = \frac{b\,(H + h + h')}{3}$.

» La seconda a base quadrilatera può avere una, due, tre o quattro al» tezze, e si ha $V = \frac{b\,(H + h + h' + h'')}{4}$.

» La terza a base trapezia, che si divide in due triangoli b, B.

» Vi sono duo casi: 1. quattro altezze eguali o duo eguali, sui lati para» lelli, $V = \frac{b\,(H + h + h')}{3} + \frac{B\,(h + h' + h'')}{3}$.

» 2. Quattro altezze ineguali, si ha $V = \frac{b\,(2H + 2h + h' + h'')}{6} +$
» $+ \frac{B\,(2h'' + 2h' + h + H)}{6}$.

» In pratica non si adoprano sempre queste formule in causa della lun» ghezza dei calcoli; più spesso, chiamate S, s le superficie di duo profili con» secutivi presi nei piani paralelli, o D la loro distanza orizzontale, il volume » compreso fra loro essendo rappresentato da V; si calcola colla formula $V = \frac{(S+s)\,D}{2}$.

» Non si possono sempre impiegare i processi ordinari della livellaziona » per trovare le altezze rispettive di diversi punti della superficie della terra. » L'operazione sarebbe troppo lunga o spesso impraticabile se si trattasse per » esempio di determinare l'altezza della sommità altissima di una montagna. I » dotti hanno rimediato a tale inconveniente servendosi del barometro e dando » una formula preziosa per la sua esattezza, (specialmente quando non trattasi di » una grande altezza), e per la sua semplicità. Sia z l'altezza verticale com» presa fra due stazioni, t ed h la temperatura dell'aria e l'altezza del baro» metro prese nella staziono inferiore; t', h' i numeri corrispondenti per la sta» zione superiore, si ha $z = 18393^{m}\,(1 + \frac{2(t + t')}{1000})\,.\log.\frac{h}{h'}$.

» L'altezza h' relativa alla stazione superiore non deve essere impiegata che
» dopo averla corretta dalla differenza delle temperature T, T' del mercurio
» nelle due stazioni, cioè dopo averla moltiplicata pel fattore $1 + \frac{T - T'}{3412}$. Il
» coefficiente 18393 si riferisce alla latitudine 50°; esso deve cangiare con
» quella del luogo dell'osservazione, e si avrà il suo valore ad una latitudine
» qualunque k, moltiplicandolo per $1 + (0{,}002837) \cos. 2k$.

» Questa formola data da M. Poisson nel suo trattato di Meccanica, è la
» più semplice di tutte le finora conosciute per questo oggetto.

Siccome nella livellazione relativa alla formazione di un progetto di strade avviene spesso di dover percorrere la linea e misurarne la lunghezza, non sarà inutile il parlare dell'*odometro*, stromento atto a misurare la distanza per mezzo del cammino che si è fatto. Questa macchina è semplicissima e di uso estremamente facile e spedito, essendo di tal costruzione che si può attaccare ad una vettura, ove senza produrre il minimo imbarazzo, misura coi giri della ruota il cammino che si è fatto.

L'odometro più comodo è quello rappresentato dalle figure 1, 2 e 3, Tav. B: consiste esso in una ruota di 31 pollici e 1/2 di diametro, la cui circonferenza è circa otto piedi e tre pollici: ad una estremità dell'asse è un rocchetto di tre quarti di pollice di diametro diviso in otto denti, che s'ingranano al girar della ruota in un altro rocchetto C, figura 2, fissato all'estremità di una verga di ferro, in modo che questa verga gira una volta mentre la ruota fa una rivoluzione: questa verga che è collocata lungo un incavo praticato nel carretto B di questo stromento, ha nell'altro suo estremo un foro quadrato nel quale sta l'estremo b del cilindretto P; questo cilindro è posto sotto un quadrante all'estremità del carretto B, in modo che può muoversi attorno al proprio asse: la sua estremità è fatta a vite perpetua e s'ingrana in una ruota di 32 denti che le è perpendicolare: quando lo stromento è portato avanti, la ruota fa una rivoluzione ad ogni sesto di pertica; sull'asse di questa ruota è un rocchetto di sei denti, che incontra un'altra ruota di sessanta denti, e le fa fare un giro ogni 160 pertiche, cioè ad ogni mezzo miglio.

Quest'ultima ruota porta un indice o ago, che può muoversi sulla superficie del quadrante, la cui piastra esteriore è divisa in 160 parti corrispondenti alle 160 pertiche, e l'ago indica il numero delle pertiche fatte; di più, sull'asse di quest'ultima ruota è un rocchetto di 20 denti che s'ingrana con una terza ruota di 40 denti, che fa un giro ogni 320 pertiche od un miglio; sull'asse di questa ruota è un rocchetto che s'ingrana in un'altra ruota di settantadue denti; onde le fa fare un giro ogni 12 miglia.

Questa quarta ruota porta un indice corrispondente alla segnatura interna del quadrante; questa è divisa in 12 parti riguardo alle miglia, e ciascun miglio è diviso in metà, in quarti ecc., e serve a misurare le rivoluzioni dell'altro ago, e così a conoscer le mezze miglia, le miglia ecc., fino a dodici miglia che si fossero percorse.

Il modo di servirsi di questo stromento è indicato dalla sua costruzione; serve esso a misurare le distanze ove si ha premura, ed ove non si richiede una scrupolosa esattezza.

Credendo sufficiente il già detto circa le livellazioni, prima di parlare sul modo di formare i progetti e di eseguire le diverse specie di strade, non sarà disutile dir qualche cosa sulle resistenze che presentano alle vetture i pavimenti e le salite onde determinare la miglior direzione e la più vantaggiosa inclinazione delle vie, secondo la celebre opera di Gerstner Sulle grandi strade, ecc.

» Quando le ruote sono fissate all'asse, Tavola C, figura 1, tutto il peso » del carico poggia in A sul suolo: allora la forza di traimento devo superare » tutto l'attrito che sulla ruota esercitano le asprezze del terreno. Ora, è evi- » dente che questa resistenza è tanto più forte quanto le asperità sono in mag- » gior numero ed il carico è maggiore. Perciò si rappresenta d'ordinario la re- » sistenza proveniente dall'attrito pel prodotto mQ, nel quale Q è il peso sos- » tenuto ed m un coefficiente da determinare coll'esperienza, e che dipende dal- » la natura delle sostanze che cagionano l'attrito.

» Quando le ruote sono mobili attorno all'asse, l'attrito mQ si esercita » in B al contatto dell'asse col mozzo. Se rappresentiamo con a il raggio » CB dell'asse, e con A il raggio CA della ruota; la forza che agendo alla » circonferenza della ruota farà equilibrio colla resistenza dell'attrito, sarà espres- » sa da $\frac{amQ}{A}$; cioè come se la ruota fosse fissa all'asse, e vi fosse in A una » resistenza $\frac{amQ}{A}$; questa è la resistenza cui deve superare la forza di traimen- » to K'.

» Quando il peso è distribuito egualmente su due o su quattro ruote, cia- » scun asse non porta allora che la metà $\frac{Q}{2}$, o il quarto $\frac{Q}{4}$ del peso, e » la resistenza da rimovere in quest' ultimo caso sarà ancora $4\,\frac{m}{}\,\frac{Q}{4}\,\frac{a}{A}=\frac{m\,a\,Q}{A}$ » come prima. Da ciò puossi dedurre che il traimento sarà tanto più facile, 1.° » quanto il rapporto di $\frac{a}{A}$ sarà minore, e in conseguenza quando s'impieghe- » ranno grandi ruote e piccioli assi; perciò gli assi di ferro sono preferibili a » quelli di legno; 2.° quanto più sarà picciolo il prodotto mQ. Mussembrock » ed altri antichi meccanici hanno stimato $m=\frac{1}{3}$. Coulomb che ha fatto mol- » te sperienze esattissime, ha trovato che l'attrito non è proporzionale al peso » che per le grandi masse e per le superficie perfettamente liscie, ed estima, » principalmente pel ferro, $m=\frac{2}{8}$; facendo per esempio $\frac{a}{A}=\frac{1}{15}$, $Q=80$

» quintali, $m = \frac{1}{8}$, si trova allora per l'espressione dell'attrito $\frac{1}{15} \cdot \frac{1}{8} \cdot 80 =$
» $= \frac{2}{3}$ di quintale: ora, si sa che sopra una strada ordinaria per tirare
» questo peso Q di 80 quintali occorrono quattro cavalli la cui forza può essere
» valutata 4 in 5 quintali; d'onde vedesi che le altre cause di resistenza sono
» assai più considerabili che lo sfregamento degli assi sull'occhio dei mozzi.

» Nelle strade di un profilo irregolare e mal conservate, la vettura pren-
» dendo una posizione inclinata viene ad applicarsi col suo peso contro il moz-
» zo di una delle ruote. Da ciò risulta un attrito che può divenir sensibile per-
» chè il diametro dei mozzi è sempre più grande di quello dell'asse. Supponia-
» mo a cagion d'esempio che una rotaia sia elevata un piede sopra l'altra, il
» che basta per esporre le vetture a rovesciarsi; si può ammettere allora che
» circa il quarto del peso venga ad appoggiarsi contro il mozzo. In conseguenza
» si può valutare l'attrito che ne risulta, un quarto circa di quello che ha luogo
» sull'asse. La maggior resistenza di questa specie si prova nelle strade inca-
» vate, quando le ruote entrando profondamente nelle rotaie ne staccano masse di
» terra, pezzi di pietre, ecc.; è evidente che non si può eliminare questa causa
» di resistenza che sulle strade solide e bene appianate.

» La seconda specie di resistenza che provano le vetture nel loro movimen-
» to proviene dalla poca consistenza della strada su cui ruotano. Allorchè la ruo-
» ta poggia sopra un terreno molle I H E, figura 2, s'infossa fino a che la
» resistenza che oppone al suo infossamento la superficie cilindrica H A E del
» terreno sia bilanciata dalla pressione verticale esercitata su essa dalla ruota.
» Si supponga frattanto questa ruota tirata nella direzione I H E, si vede che
» la parte posteriore del terreno non ritorna già al suo primo stato, ma rima-
» ne compressa, e la ruota lascia dietro sè un solco o rotaia; risulta evidente-
» mente da ciò che se la ruota non è più sostenuta da questa parte posteriore
» A E della rotaia, essa lo è interamente dalla parte anteriore H A. La dire-
» zione media di questa reazione del suolo non passando più pel centro della
» ruota, si concepisce come questa reazione acquista un momento statico che deve
» essere sormontato dal tiro dei cavalli. La compressione essendo nulla in E, e
» massima in A, è chiaro che la reazione del suolo non è la stessa in questi
» due punti, e che diminuisce da E fino in A. In vero la legge di questa rea-
» zione è sconosciuta, ma siccome la reazione del terreno aumenta a misura
» che la ruota s'infossa, possiamo ammettere che sia proporzionale ad una po-
» tenza indeterminata m dell'infossamento M N. Dietro quest'ipotesi valuteremo
» la reazione del suolo ed il suo momento statico. Siano adunque

» La larghezza del quarto o della rotaia $= b$;
» La maggior profondità A B od E F della rotaia $= h$;
» La semicorda dell'infossamento della ruota B E $=$ A F $= f$,
BM $=$ AO $= x$,

$Mm = dx$,
$NO = u$,
$MN = h - u$,
$Nn = ds$.

Il peso sostenuto dall'unità di superficie nel punto A, essendo indicato da W' si avrà $\frac{W'(h-u)^m}{h}$ per la resistenza sulla unità di superficie in N; per conseguenza la pressione normale del suolo sull'elemento cilindrico Nn del quarto sarà espressa da $\frac{W'(h-u)^m}{h} bds$; decomposta secondo la verticale NG, essa sarà $\frac{W'(h-u)^m}{h} bdx$.

Supponiamo frattanto il diametro della ruota $= A$; si avrà $x^2 = Au, - u^2$, o soltanto $x^2 = Au$, trascurando u rapporto ad x. Per la stessa ragione si avrà $f^2 = Ah$, d'onde si cava $u = \frac{hx^2}{f^2}$. La resistenza del suolo da A fino in N sarà dunque espressa da

$$\int W'\left(1 - \frac{x^2}{f^2}\right)^m bdx = W'b\left(x - \frac{mx^3}{3f^2} + \frac{m.m-1}{2.5f^4}x^5 - ecc. + ecc.\right).$$

Indicando dunque per q la reazione del suolo e prendendo l'integrale precedente da $x = 0$, fino ad $x = f$, si avrà

$$q = W'bf\left(1 - \frac{m}{3} + \frac{m.m-1}{2.5} - ecc. + ecc.\right).$$

Si ottiene il momento statico della pressione sopra un elemento Nn del quarto, moltiplicando questa pressione pel braccio di leva $CG = x$. Il momento statico, preso da A fino in N, essendo così espresso dall'integrale

$$\int W'\left(1 - \frac{x^2}{f^2}\right)^m bxdx = \frac{W'bff}{2(m+1)}\left(1 - \left(1 - \frac{xx}{ff}\right)^{m+1}\right),$$

si avrà pel momento cercato fra i due limiti $x = 0$,

ed $x = f$, $\frac{W'bf^2}{2(m+1)}$.

Questo momento deve essere eguale a quello della forza di traimento. Fatta questa forza eguale a K'', il suo momento sarà $\frac{K''A}{2}$, e si avrà $K''A = \frac{W'bf^2}{(m+1)}$,

$$\text{onde } K'' = \frac{fW'bf}{A(m+1)} = \frac{fq}{A(m+1)\left(1 - \frac{m}{3} + \frac{m.m-1}{2.5} - ecc.\right)}$$

Se facciamo $m = 0$, il che ha luogo supponendo costante la resistenza del suolo a tutte le profondità, si ottiene $K'' = \frac{fq}{A}$; per $m = 1$, si trova

$K'' = \frac{3}{4}\frac{fq}{A}$; per $m = 2$, $K'' = \frac{5}{8}\frac{fq}{A}$. Si vede che le differenze fra i diversi valori di K non sono molto considerevoli.

Ci resta a determinare la lunghezza della linea $BE = f = \frac{h^2}{A}$, ovvero, il che torna lo stesso, e cercare la grandezza di $BA = h$: a quest'effetto, sia W la resistenza che oppone il terreno, quando $h = 1$, si avrà, dietro il principio adottato, $W' : W :: h^m : 1$, e perciò $W' = Wh^m = W\left(\frac{fA}{A}\right)^{\frac{m}{2}}$. Sostituendo questo valore di W' in quello di q trovato più sopra, si ha

$$q = \frac{Wbf^{\frac{1}{2}m+1}}{A^{\frac{m}{2}}}\left(1 - \frac{m}{3} + \frac{m.m-1}{2.5} - \text{ecc.}\right),$$ d'onde si cava

$$f = \left(\frac{A^{\frac{m}{2}}\, q}{Wb\left(1 - \frac{m}{3} + \frac{m.m-1}{2.5} - \text{ecc.}\right)}\right)^{\frac{1}{\frac{1}{2}m+1}}.$$

$$\frac{f}{A} = \left(\frac{q}{A^{\frac{m}{2}+1}\, bW\left(1 - \frac{m}{3} + \frac{m.m-1}{2.5} - \text{ecc.}\right)}\right)^{\frac{1}{\frac{1}{2}m+1}}.$$

Facendo successivamente $m = 0$, $m = 1$, $m = 2$, si ha:

$$K'' = \frac{fq}{A} = \frac{qq}{AbW};$$

$$K'' = \frac{3fq}{4A} = \frac{3}{4}\,q\sqrt[3]{\left(\frac{3q}{2A^{\frac{3}{2}}bW}\right)};$$

$$K'' = \frac{5fq}{8A} = \frac{5}{8}\,q\sqrt[2]{\left(\frac{15q}{8A^{2}bW}\right)}.$$

Da queste formole risulta; 1.° che la resistenza K'' proveniente dalle rotaie aumenta in un rapporto maggiore del carico q; è dunque più vantaggioso dividere il peso su più vetture, che caricarne smisuratamente una sola; 2.° che sopra un terreno molle, la resistenza è più considerevole che sopra un terreno duro, perchè f aumenta quando W diminuisce; 3.° che la resistenza diminuisce quando il diametro A della ruota aumenta; così per vincere la resistenza delle rotaie, le ruote grandi sono anche preferibili alle picciole; 4.° finalmente che la resistenza diminuisce per l'aumento della larghezza b dei cerchi; così i cerchi larghi sono preferibili agli stretti. I carradori francesi hanno attestato al conte di Rumfort che coi larghi cerchi tuttora in uso potevano caricare un quarto più che non facevano prima.

La terza specie di resistenza è dovuta alle pietre che formano la strada. Quando una vettura ruota sopra un pavimento duro essa prova una scossa passando da una pietra all'altra o nella cavità formata da due pietre contigue. Sia BED, figura 3, una di queste cavità; concepiamo nei punti di contatto B, D le tangenti alla circonferenza della ruota, BE, DE, e supponiamo che la sua velocità sia rappresentata da AE = HE in grandezza e in direzione. Dal punto E come centro e col raggio AE si descriva la semicirconferenza GAH, e si abbassi la

perpendicolare A F. La velocità H E si decompone in due altre, l'una A F distrutta dall'urto, e l'altra F E che sussiste nel senso di E D. Perciò la perdita di velocità è evidentemente eguale ad $AE - EF = EG - FE = GF$, e questa perdita deve essere compensata da un aumento di forza di traimento, se si vuole che la velocità resti la stessa sulla strada M N. Per evitare la complicazione dei calcoli, ammetteremo che questa forza di traimento K''' sia una forza acceleratrice costante. Indicando dunque il carico della vettura con Q, essendo $2gt$ la velocità che il peso imprime alla massa Q dopo un tempo t, si avrà $K''' = \frac{Q.\,FG}{2gt}$; ma si ha $FG : AG :: AG : 2\,AE$; d'onde $FG = \frac{\overline{AG}^2}{2\,AE}$. Di più, i triangoli simili A E G, D C B, danno $AG : AE :: DB : BC$; dunque $AG = \frac{AE.\,BD}{BC}$. Inoltre, $t = \frac{MN}{v}$, v indicando la velocità colla quale lo spazio MN è percorso durante il tempo t: ora sostituendo, si riduce infine a

$$K''' = \frac{Qv^2}{4g.MN} \left(\frac{DB}{BC}\right)^2.$$

Da questa espressione risulta: 1.° che questa parte di forza di traimento è proporzionale al semplice carico; è conosciuto in fatto che le vetture gravi esigono un traimento più forte che le vetture leggiere; 2.° che questo è proporzionale al quadrato della velocità con cui è condotta la vettura. Così sopra le strade pavimentate, è più utile andar lentamente con un carico forte che di andar più rapidamente con un carico minore; 3.° che esso aumenta in ragione inversa di M N; più è piccolo l'allontanamento fra i pavimenti più divien penoso il traimento; 4.° infine, che il traimento aumenta tanto più, quanto il rapporto della larghezza degl' infossamenti al raggio della ruota divieno più grande. Così alcuni fori grandi e profondi sono più nocivi che molti piccioli fori; allora si passa più facilmente con grandi ruote sui pavimenti che con ruote picciole.

Tutte queste proposizioni si applicano non solo alle strade pavimentate, ma a quelle ancora sulle quali possono essere sparse delle pietre isolate, mentre le prominenze e le cavità che non producono scosse e non formano che una linea dolcemente ondulata, non presentano ai cavalli da tiro nè vantaggi, nè inconvenienti. Quando la discesa A N, figura 4, è tale che la vettura non ha bisogno d'essere serrata, allora il traimento è reso tanto facile, quanto in seguito è reso difficile luogo la salita N O. La stessa cosa ha luogo pei pavimenti piani o ritondati. La successione delle velocità accelerate e ritardate che producono, non altera l' uniformità del movimento e i cavalli guadagnano discendendo ciò che perdono nel salire.

La quarta specie di resistenza proviene dalla maniera di attaccare i cavalli, di cui parleremo in uno colla quistione dell' ineguaglianza delle ruote. Fin qui abbiamo sempre supposto che il carico fosse egualmente distribuito sulle ruote, e che queste sieno di egual diametro. La prima condizione è sempre accuratamente adempiuta nelle vetture da trasporto, ma la seconda non può esserlo nella

più parte delle vetture per la ragione che le ruote anteriori devono essere più picciole delle posteriori acciocchè nelle risvolte possano passare sotto il corpo della vettura. D'altronde la maggior parte delle vetture sono tirate in modo che la direzione dei tiranti passa sotto il centro di gravità del carico. Questa direzione, in certo modo eccentrica, tende a far girare la vettura intorno al suo centro di gravità, e ciò accadrebbe se la strada non vi mettesse ostacolo. Questa disposizione produce sulle ruote una ineguaglianza di pressione di cui esamineremo le conseguenze.

Sia G, figura 5, il centro di gravità della vettura, ed AC la direzione del traimento; pel punto G conduciamo l'orizzontale FH fra le verticali EF, IH che passano pei centri delle ruote. Indichiamo per Q il peso totale della vettura, con F la porzione di questo peso sopportata dall'asse E, e con H la parte sostenuta dall'asse I, avremo $Q = F + H$, $F = \frac{Q.\,GH}{FH}$, $H = \frac{Q.\,FG}{FH}$.

Rappresentiamo pure colla linea $CA = K^{IV}$ la grandezza e la direzione della forza di traimento. Le due componenti rettangolari di questa forza saranno $CD = K^{IV}.\,\text{sen.}\,\varpi$, $CB = K^{IV}\,\text{cos.}\,\varpi$, essendo ϖ l'angolo d'inclinazione del traimento; la componente verticale tende a sollevare la vettura, mentre la componente orizzontale la trae; quest'ultima forza non passando pel centro di gravità G produrrebbe la rotazione di tutto l'equipaggio intorno al punto G, se il suo peso o la resistenza del suolo non si opponessero punto a questo movimento. È pure evidente che la forza che tende a sollevare l'asse E, e quella che tende a comprimere l'asse I sono espresse da $K^{IV}\,\text{cos.}\,\varpi.\,\frac{CG}{FH}$; il traimento eccentrico adunque ha per conseguenza ciò che una parte del peso espressa da $K^{IV}\,\text{cos.}\,\varpi.\,\frac{CG}{FH}$ è tolta dalla parte anteriore, e trasportata sulla posteriore. Così per assi eguali, quando le ruote posteriori sono più grandi delle anteriori, la direzione eccentrica dei tiranti alleggerisce il traimento. Il calcolo mostra del pari, che quando il carico è elevato, le ruote posteriori soffrono assai e s'infossano di più nel terreno molle; perciocchè CG è più grande: questo svantaggio è diminuito quando s'impiegano vetture lunghe perchè allora il rapporto $\frac{CG}{FH}$ diviene una frazione altrettanto più picciola. La pressione sull'asse anteriore è espressa da $(Q - K^{IV}\,\text{sen.}\,\varpi)\,\frac{GH}{FH} - K^{IV}\,\text{cos.}\,\varpi\,\frac{CG}{FH}$. La pressione sull'asse posteriore è $(Q - K^{IV}\,\text{sen.}\,\varpi)\,\frac{FG}{FH} + K^{IV}\,\text{cos.}\,\varpi\,\frac{CG}{FH}$. Facendo il diametro della ruota posteriore $= A$, quello del suo asse $= a$; il diametro della ruota anteriore $= A'$, e quello del suo asse $= a'$. Riunendo le resistenze parziali che provengono dalle tre cause che già abbiamo discusse, e facendo

$$\frac{ma}{A} + \frac{3f}{4A} + \frac{v^2 \overline{DB}^2}{4g\,MNA^2} = \text{tang. } \mu,$$

$$\frac{ma'}{A'} + \frac{3f}{4A'} + \frac{v^2 \overline{DB}^2}{4g\,MNA'^2} = \text{tang. } \mu' \text{ (figura 3)},$$

si ottiene, fra la forza di traimento e la resistenza, la seguente equazione:

$$K^{IV} \cos.\ \varpi = \left\{(Q - K^{IV} \text{sen. } \varpi)\frac{GH}{FH} - K^{IV} \cos.\ \varpi \frac{GC}{FH}\right\} \text{tang. } \mu +$$

$$+ \left\{(Q - K^{IV} \text{sen. } \varpi)\frac{FG}{FH} + K^{IV} \cos.\ \varpi \frac{GC}{FH}\right\} \text{tang. } \mu';$$ d'onde si può dedurre la forza di traimento K^{IV} per ciascun caso particolare.

Per meglio abbracciare l'insieme delle conseguenza che si possono dedurre da quest'equazione si deve osservare, 1.° che quando le ruote e gli assi anteriori e posteriori sono eguali; si ha tang. μ = tang. μ', e l'equazione dà $K^{IV} = \frac{Q \text{ sen. } \mu}{\cos.\ (\varpi - \mu)}$; 2.° quando le ruote posteriori sono più grandi e debbono sostenere maggior peso, conviene dare maggior grossezza agli assi; conviene ammettere per esempio che sia $\frac{A}{a} = \frac{A'}{a'}$; allora si avrà tang. μ = tang. μ', e $K^{IV} = \frac{Q \text{ sen. } \mu}{\cos.\ (\varpi - \mu)}$; 3.° che se si portasse tanto addietro il centro di gravità che la parte anteriore non avesse più nulla da sostenere, si avrebbe in tal caso $(Q - K^{IV} \text{sen.} \varpi) \times GH = K^{IV} \cos.\ \varpi\ CG$; mettendo questo valore nell'equazione generale, si avrebbe ancora $K^{IV} = \frac{Q \text{ sen. } \mu'}{\cos.\ (\varpi - \mu')}$. È dunque chiaro che tutti i casi immaginabili debbono cadere fra questi tre; onde in seguito potremo servirci, senza timore di errare sensibilmente, dell'equazione semplificata $K^{IV} = \frac{Q \text{ sen. } \mu}{\cos.\ (\varpi - \mu)}$.

La quinta specie di resistenza che dobbiamo esaminare è quella che proviene dalle scarpe più o meno ripide delle coste o delle discese che s'incontrano sulle strade. Supponiamo la vettura tirata dal basso all'alto, e rappresentiamo con AC la forza di traimento. Essa decomponesi in altre due, l'una CB = $K^{V} \cos.\ \varpi$ (fig. 6) sarà consumata dal traimento; l'altra CD = $K^{V} \text{sen.}\ \varpi$ sarà impiegata a sollevare la vettura ed a diminuire la pressione sul suolo; del pari il carico GN = Q della vettura si decompone in due forze, l'una CN = Q sen. ν opposta a questo traimento, e l'altra GC = Q cos. ν diretta contro il suolo, essendo ν l'angolo d'inclinazione RST del terreno; così nell'equazione data più sopra, conviene aggiugnere la forza Q sen. ν alla forza di traimento e rimpiazzare al contrario il carico Q col carico Q cos. ν. Allora si ottiene

$$K^{V} \cos.\ \varpi = Q \text{ sen. } \nu + \left\{(Q \cos.\ \nu - K^{V} \text{ sen. } \varpi)\frac{GH}{FA} - K^{V} \cos.\ \varpi \frac{GC}{FH}\right\} \times$$

$$\times \text{tang. } \mu + \left\{(Q \cos.\ \nu - K^{V} \text{ sen. } \varpi)\frac{FG}{FG} + K^{V} \cos.\ \varpi \frac{GC}{FH}\right\} \text{tang. } \mu';$$ così nei

tre casi menzionati, questa formola si riduce a questa:
$K' \cos. \varpi = Q \sin. \nu + (Q \cos. \nu - K' \text{sen.} \varpi) \text{tang.} \mu$, d' onde si trae
$K' = \frac{Q \text{ sen.} (\nu + \mu)}{\cos. (\varpi + \mu)}$. Da quest' espressione risulta, 1.° che la forza K sarà tanto più picciola relativamente al carico Q, quanto gli angoli ν ed μ saranno più piccioli, cioè quanto l'inclinazione della salita sarà più debole, o l'attrito proveniente dalle pietre, sabbia ecc. sarà più picciolo. Così le spese di trasporto sono diminuite tanto in pianura quanto in montagna dalle strade ben consolidate ed unite, o coll' adottare le grandi ruote.

2°. Che la condotta è pur favorita quando il denominatore $\cos. (\varpi - \mu)$ giugne al suo massimo o quando $\varpi = \mu$. La direzione del tiro non deve adunque essere paralella alla strada, ma tendere in alto in modo che l'angolo ϖ o ACB divenga eguale all'angolo μ. Si può determinare quest' angolo coll' osservazione rimarcando sotto quale inclinazione di via la vettura comincia a discendere da sè, senz' essere nè tirata, nè spinta; od anche misurando sulle strade orizzontali la forza necessaria per mettere in moto la vettura. Il rapporto tra questa forza ed il peso del carico, indica la tangente dell'angolo d'inclinazione dei tiri, cioè a quale altezza conviene attaccarli al pettorale del cavallo. Ordinariamente si calcolano 10 in 12 quintali per cavallo, aggiugnendovi $\frac{1}{3}$ o ¾ pel peso della vettura, si hanno 15 in 16 quintali, il che dà $\frac{1}{15}$ od $\frac{1}{16}$ per l'espressione della tangente dell'angolo cercato. In generale, il calcolo mostra che le picciole ruote e le cattive strade esigono i tiri più elevati di quello che con buone strade e grandi ruote e con assi ben rotondi e ingrassati, ciò che l'esperienza conferma completamente. Perciò si trova pure giustificata la pratica di certi carradori che muniscono il timone con una caviglia all'alto ed un rampone al basso onde attaccarsi all'uno nelle buone ed all'altro nelle cattive strade.

3.° Facendo $\varpi = \mu$, si ottiene
$K' = Q \text{ sen.} (\nu + \mu) = (Q \text{ sen.} \nu \cos. \mu + \text{sen.} \mu \cos. \nu)$; ora, ν ed μ sono d'ordinario abbastanza picciole perchè si abbia sensibilmente

$$\text{sen.} \mu = \text{tang.} \mu + \frac{ma}{A} + \frac{3f}{4A} + \frac{\nu^2 DB^2}{4g . A^2 MN}, \text{ e}$$

$\cos. \nu = \cos. \mu = 1$; $\text{sen.} \nu = \frac{RT}{RS} = \frac{h}{l}$, rappresentando h l'altezza del lato ed l la lunghezza sua. Dunque, sostituendo questi valori si avrà

$$K' = Q \left(\frac{h}{l} + \frac{ma}{A} + \frac{3f}{4A} + \frac{\nu^2 DB^2}{4g . A^2 . MN} \right),$$

espressione a cui si perviene anche colla semplice addizione delle resistenze parziali trovate negli articoli precedenti.

È generalmente conosciuto che la forza dei cavalli non è la stessa dovunque; essa varia secondo la loro costituzione fisica, la loro età ed abitudine al lavoro. Dietro ciò è impossibile attribuire un valor fisso alla forza di un ca-

vallo. Tuttavia è comune a tutti gli animali la proprietà di essere capaci di sforzi tanto minori quanto più sono obbligati ad imprimere maggier velocità alla lore prepria massa, ed ai pesi che trascinano; così nello stimare la forza dei cavalli, dobbiamo necessariamente prendere in considerazione la velocità con cui agiscone; e affinchè la stima adottata sia di un uso generale, fa d'uopo che sia il risultato medio di un gran numero di osservazioni. Le macchine impiegate nelle miniere all'estrazione dei minerali, lavorano da secoli e sono tuttavia attissime sotto questo rapporto a fornire tale risultamento.

Fra le osservazioni di queste genere raccolte da Pode (*Description des Machines de Schemnitz*) e da Lempe (*Magazin du mineur*), ne ho sottomesse da lungo tempo un gran numero al calcolo, avendo riguardo agli attriti, alla rigidezza delle funi, ecc., ed ho trovato che i risultati medi s'accordavano nell'indicare che un cavallo è capace di elevare 100 libbre di Vienna con una velocità di 4 piedi viennesi per secondo, mentre con una velocità di 3 piedi soltanto ne può elevare 125. La durata del lavoro è di otto ore; i cavalli si riposano uno o due minuti circa ogni volta mentre si vuota il vaso o si riempie di minerale; si può calcolare un'ora al più per questi riposi alternativi lungo le 8 ore di lavoro. Quantunque sia sconosciuta la legge secondo cui la forza dei cavalli aumenta o diminuisce in ragione delle loro velocità, si può tuttavia senza errore sensibile, e quando queste velocità sono comprese nei limiti che si sono indicati, ammettere che la forza sia in ragione geometrica inversa della velocità. Se rappresentiamo con s lo spazio percorso dal carico in un secondo, con $K^{v'}$ la forza del cavallo, si avrà $K^{v'} = 200 - 25s$, espressa in libbre di Vienna: in generale, sia P la forza corrispondente alla velocità C, $K^{v''}$ la forza corrispondente alla velocità v, ammettiamo l'equazione

$K^{v'} = \frac{P\,(2C - v)}{C}$. Facendo $P = 100$, $C = 4$, $v = 4$, si trova $K^{v'} = 100$; e quando $v = 3$, rimanendo tutto d'altronde eguale, si trova $K^{v'} = 125$, il che si accorda coi risultati precedenti forniti dall'esperienza. Le quantità P e C dovranno essere ciascuna volta determinate dall'esperienza, e cangeranno secondo la costituzione fisica dei cavalli: la nostra formola potrà essere in tal modo impiegata con sicurezza.

Applichiamo questa formola ad una macchina di estrazione. Sia Q il carico da innalzare immediatamente coi cavalli; si otterrà Q moltiplicando il peso del vaso di minerale pel rapporto che esiste fra le braccia di leva della potenza e della resistenza: sia n il numero dei cavalli, e si avrà

$nP\left(\frac{2C - v}{C}\right) = Q$; d'onde $n = \frac{CQ}{P\,(2C - v)}$; di più, si rappresenti con H lo spazio che percorrono i cavalli durante l'elevazione verticale del vaso, si otterrà H moltiplicando quest'altezza verticale pel rapporto più sopra enunciato; $\frac{H}{v}$ sarà dunque il tempo medio impiegato ad elevare il carico; supponiamo frat-

tanto che pel tempo dato t un cavallo costi di mantenimento una somma $= p$, allora durante il tempo del tragitto $\frac{H}{v}$, costerà $\frac{pH}{tv}$, e gli n cavalli costeranno $\frac{npH}{tv} = \frac{CQpH}{P(2C - v)tv}$, e le spese sono abbassate al minimo quando $v = C = 4$ piedi, secondo le sperienze più sopra riferite.

Indichiamo del pari con n il numero dei cavalli da tiro impiegati a tirare il peso Q, compresa la vettura e il suo peso; facciamo

$\frac{maQ}{A} + \frac{3fQ}{4A} = rQ$, $\frac{\overline{DB}^2 v^2 Q}{MN.A^2.4g} = SQv^2$. La somma di tutte le resistenze sulla strada orizzontale sarà per conseguenza $(r + Sv^2)Q$; avremo dunque l' equazione $(r + Sv^2)Q = n\frac{P(2C - v)}{C}$, d'onde $n = \frac{(r + Sv^2)CQ}{P(2C - v)}$.

Ora prendendo il piede per unità di lunghezza, $\frac{24000}{v}$ è il tempo necessario per percorrere una lega di Germania di 24000 piedi; dunque le spese di trasporto per una di queste leghe, sono espresse da $\frac{24000}{v} \cdot \frac{p(r + Sv^2)CQ}{t(2C - v)P}$; riguardando v come variabile, quest'espressione è un minimo, quando si ha $2Sv^2(2C - v) = (2C - 2v)(r + Sv^2)$; o riducendo, $CSv^2 = r(C - v)$. Sopra strade unite o quando si fa astrazione dagli attriti prodotti dal pavimento, si ha $S = 0$, ed allora $C = v = 4$ piedi; ma quando S prende un valore reale qualunque, allora v è sempre minore di C. Da ciò viene la necessità di condurre le vetture più lentamente sul pavimento che sulle strade unite. Ecco nondimeno la maniera di conoscere la resistenza che provano le vetture sulle nostre strade: si sa che le vetture che non sono serrate cominciano a discendere da loro stesse quando l'inclinazione della strada è di 1 pollice ½ o 2 pollici per tesa; in questo caso la forza motrice $\frac{hQ}{l} = \frac{2Q}{72}$ è eguale alla resistenza; dunque $K''' = (r + Sv^2)Q = \frac{Q}{36}$, sopra strade presso a poco orizzontali.

Per una salita di 4 pollici per tesa, si trova,

$K'' = \frac{2Q}{72} + \frac{4Q}{72} = \frac{Q}{12}$, risultato confermato dalla sperienza; perchè sulle nostre strade si contano quattro cavalli per 40 in 50 quintali. Abbiamo trovato per l'attrito degli assi, $\frac{ma}{A} = \frac{1}{120}$; così la resistenza prodotta dal pavimento e dalle rotaie sarà eguale a $\frac{Q}{36} - \frac{Q}{120} = \frac{7Q}{360}$; d'onde si vede che questa resistenza è più che doppia di quella prodotta dall'attrito degli assi.

Il conte di Rumfort ha determinato in libbre col mezzo di una bilancia a

molla la forza di traimento che esigevano le vetture sopra diverse strade; e nella sua Memoria sui vantaggi delle ruote a larghi cerchi ha pubblicato i seguenti risultati.

	1.ª VETTURA	2.ª VETTURA	3.ª VETTURA
Altezza delle ruote anteriori. .	3p. 4po. o l.	3p. 2po. 3 l.	3p. 3po. 3 l.
» posteriori. .	4 9 3	4 8 9	4 8 3
Larghezza dei qoarti	0 1 9	0 2 3	0 4 0
Peso delle ruote anteriori . . .	124 lib.	174 lib.	240 lib.
» posteriori. .	226	258	360
Peso delle quattro ruote. . . .	350	432	600

Peso della 3.ª vettura colle sue 4 ruote, 1721 libbre
Peso di tre persone 400

Totale del peso tirato dai cavalli . . 2121

Il seguente quadro contieno la forza di traimento espressa in libbre.

	PICCIOLO PASSO	PASSO FORTE	PICCIOLO TROTTO	TROTTO FORTE	
3.ª vettura	40 a 48	48 a 56	74 a 84	120 a 130	Sulla strada pavimentata del ponte di Sèvres a Passy.
2.ª vettura	44 a 48	56 a 60	84 a 96	130 a 140	
1.ª vettura	48 a 60	60 a 72	96 a 120	140 a 150	
3.ª vettura	76 a 84	80 a 84	80 a 88	80 a 88	Sulla parte di detta strada ove la via era buona e poco sabbioniccia.
2.ª vettura	80 a 92	80 a 96	82 a 100	82 a 100	

	AL PASSO	AL TROTTO	
3.ª vettura . . .	92 a 100	100 a 110	Strada
2.ª vettura . . .	100 a 120	120 a 130	alquanto sabbioniccia
3.ª vettura . . .	160 a 180	160 a 180	Strada
2.ª vettura . . .	180 a 200	180 a 200	ancor più sabbioniccia

	AL PICCIOLO PASSO	
3.ª vettura . . .	220 a 240	Sopra pietre nuovamente sparse e su
2.ª e 1.ª vettura	240 a 280	cui non era passata nessuna vettura.
3.ª vettura . . .	240 a 260	Nella più profonda sabbia del bosco di
2.ª e 3.ª vettura	260 a 280	Boulogne.

Si porti dapprima la nostra attenzione sulle strade pavimentate; facendo
$v = 3$ piedi pel picciolo passo,
$v = 4$ piedi ¼ pel gran passo,
$v = 6$ piedi pel picciolo trotto,
$v = 8$ piedi pel gran trotto;

Si troverà che la resistenza espressa in libbre sarà rappresentata con sufficiente esattezza da

$28 + \frac{3v^2}{2}$ per le ruote a cerchi di 4 pollici (3.ª vettura),

$30 + \frac{5}{3} v^2$ per le ruote a cerchi di pollici 2 ¼ (2.ª vettura),

$37 + \frac{7}{4} v^2$ per le ruote a cerchi di pollici 1 ¾ (1.ª vettura).

La media fra le due ultime resistenze è $33 + 1,7\, v^2$; così la resistenza pei cerchi di 4 pollici sta a quella pei cerchi di 2 pollici come
$28 + 1,5\, v^2 : 33 + 1,7 v^2$, presso a poco come 15 a 17.

Da ciò si apprende 1.° che raddoppiando la larghezza de'cerchi, il tiro è diminuito di $\frac{2}{17}$ o circa $\frac{1}{8}$; 2.° che la resistenza del pavimento è presso a poco proporzionale al quadrato della velocità, ciò che ci ha indicato la teoria; 3.° che il tiro sul pavimento sopra strade ordinarie e per cerchi di 2 pollici, può essere espresso da

$$\frac{(33 + 1,7v^2)}{2121}Q = \frac{Q}{64} + \frac{Q}{78}\left(\frac{v^2}{4}\right)^2.$$

Il primo termine $\frac{Q}{64}$ del secondo membro di questa equazione è quasi doppio dell'attrito degli assi, quando la velocità v è di 4 piedi per secondo, oppure quando una lega di 24000 piedi è percorsa in 1 ora e ½. Il secondo termine si riduce allora a $\frac{Q}{78}$, e in questo caso la somma di due termini è presso a poco eguale a $\frac{Q}{35}$, il che non s'allontana punto dall'esperienza riferita nella pagina 135; 4.° che nelle terre, nella sabbia e nelle pietruzze, la resistenza è la stessa quando le vetture vanno al passo ed al trotto; così la velocità non ha punto influenza su tale resistenza, e ciò si accorda con quello che abbiamo trovato più indietro per la resistenza delle rotaie; ma questa resistenza aumenta a misura che la consistenza del terreno diviene minore, perchè allora le ruote possono formare rotaie più profonde. Il quadro seguente indica queste resistenze in proporzione del carico.

	CERCHI DI 4 POLLICI	CERCHI DI 2 POLLICI ½
Fango e strada di terra non pavimentata	$\frac{80}{2121}$ Q = 0,038Q	$\frac{90}{2121}$ Q = 0,042Q
Terreno alquanto sabbioniccio	$\frac{100}{2121}$ Q = 0,048Q	$\frac{120}{2121}$ Q = 0,056Q
Più sabbioso	$\frac{120}{2121}$ Q = 0,057Q	$\frac{130}{2121}$ Q = 0,061Q
Sabbiosissimo.	$\frac{170}{2121}$ Q = 0,080Q	$\frac{149}{2121}$ Q = 0,080Q
Strati recenti di ciottoli	$\frac{220}{2121}$ Q = 0,104Q	$\frac{240}{2121}$ Q = 0,112Q
Sabbia profonda	$\frac{250}{2121}$ Q = 0,118Q	$\frac{270}{2121}$ Q = 0,127Q

Così queste sperienze si estendono da 4 fino a 12 pollici per 100 del peso della vettura o del suo carico.

Dietro queste esperienze è manifesto che il trasporto per terra può essere migliorato tanto pel perfezionamento meccanico delle nostre vetture, quanto per l'impiego di ruote più alte, di cerchi più larghi ecc.; ma rimane costante nello stesso tempo che il trasporto sarà principalmente migliorato dallo stabilimento di buone strade. Per questa vista gl'Inglesi hanno ricoperto le rotaie delle strade con barre di ferro: la ghisa che serve a fondere queste barre può essere fatta, nei fornelli profondi, dura al pari della pietra e capace in conseguenza di resistere alle scosse delle vetture cariche.

Per calcolare la resistenza prodotta dalla penetrazione nella via, si sottrae l'attrito medio 15, 28 delle tre prime sperienze dei pesi motori medi 16, 33: la differenza 1,05 essendo divisa pel carico medio, dà per quoziente 0,0008; fatte le stesse operazioni sulle tre ultime sperienze si ottiene per quoziente 0,0011; questi due quozienti stando fra loro presso a poco come $\sqrt[3]{1280} : \sqrt[3]{3680}$; si può fare $m = 1$ nella formola $K'' = \frac{3fq}{4A} + \frac{3}{4} q \sqrt[3]{\left(\frac{3q}{2 A^2 b W}\right)}$; da ciò si cava per la resistenza di ciascuna ruota

$\frac{1}{8} + \frac{q}{86,6} + \frac{3q}{4} \sqrt[3]{\left(\frac{3q}{2 A A b W}\right)}$; e per le quattro ruote, a cagione di $q = \frac{Q}{4}$;

$$0,5 + \frac{Q}{86,6} + \frac{3Q}{4} \sqrt[3]{\left(\frac{3Q}{2.4.40.40.bW}\right)}.$$

La comparazione di questa formola colle citate sperienze dà per valore medio $\sqrt[3]{bW} = 650$; per conseguenza la forza di traimento totale della vettura sarà eguale a $0,5 + \frac{Q}{86,6} + \frac{Q\sqrt[3]{Q}}{14024}$.

La superficie delle barre essendo rotondata e quella della circonferenza delle ruote incavata a gola, non si può valutare esattamente la larghezza b del contatto fra la parte convessa della via e la parte concava delle ruote; siccome in questa materia non conviene attendersi determinazioni rigorose, e d'altronde W varia colla natura dei metalli, si è supposto dovunque e per approssimazione $b = 1$ linea. Indicando adunque con A il diametro della ruota e con B la larghezza del contatto, entrambi espressi in pollici; essendo d'altronde il peso Q espresso in quintali, converrà nella formola

$\frac{3}{4} Q\sqrt[3]{\left(\frac{3}{8A^2}\frac{Q}{bW}\right)}$ rimpiazzare A con 12A, b con 12b, e Q con 3200Q; perciocchè nel calcolo che ha dato $\sqrt[3]{W} = 650$, le diverse quantità erano estimate in linee ed in *loti*. Allora per la resistenza espressa in loti si ha $\frac{3.3200\,Q}{4.650} \times \sqrt[3]{\left(\frac{3.3200.Q}{8.12b.144A^2}\right)}$; e per conseguenza, per la stessa resistenza espressa in quintali, $\frac{3Q}{4.650} \times \sqrt[3]{\left(\frac{3.3200.Q}{8.12b.144A^2}\right)} = \frac{Q}{978}\sqrt[3]{\left(\frac{Q}{A^2B}\right)}$; sieno per esempio $Q = 100$, $A = 48$ pollici, $B = 1$ pollice. Per la resistenza dovuta alla penetrazione della via nella circonferenza della ruota si trovano 5,5 libbre; nelle stesse supposizioni l'attrito è circa $\frac{100}{120}$ quintali $= 83,3$ libbre; d'onde risulta che l'attrito è grandissimo in confronto della resistenza dovuta alla penetrazione; essendo questo rapporto nel caso attuale come 1 : 24, tutta la forza di traimento sta al carico come 86,8 : 10000, o come 1 : 115; perciò sopra una buona strada di ferro e con ruote di 4 piedi d'altezza, un cavallo può tirar facilmente 100 quintali. Risulta da sperienze notissime che un cavallo tira 80 quintali sopra una strada di ferro presso Glevitz in Islesia; aggiungendo a questo peso quello della vettura, che si può stimare 20 quintali, si vede che tali sperienze si accordano coi nostri calcoli.

Secondo questi calcoli è evidente che la resistenza delle strade di ferro proviene principalmente dall'attrito. È dunque da desiderare che si cerchino mezzi di diminuirlo ancora onde ottenere così la diminuzione delle spese di trasporto: l'ingrandimento delle ruote è il primo mezzo di diminuire l'attrito e fa d'uopo convenire che si ottiene un gran risultato impiegandole nelle strade

orizzontali; ma nei terreni montani le alte ruote divengono svantaggiose pel loro peso. Noi dunque dobbiamo primieramente cercare le condizioni secondo le quali le spese di trasporto sono ridotte al minimo nei paesi montuosi, onde poter fissare l'altezza conveniente delle ruote conformemente a queste condizioni.

Quando la vettura sale, oltre le resistenze del terreno e degli assi, resistenze espresse da rQ, i cavalli ne debbono vincere altre due. La prima è il peso $\frac{hQ}{l}$ pel quale la vettura è trascinata dall'alto in basso; rappresentando h l'altezza ed l la lunghezza del piano inclinato. La seconda resistenza risulta dal peso dei cavalli che debbono evidentemente tirarsi anch'essi dal basso all'alto. Chiamando o il peso di un cavallo ed n il numero di essi, questa seconda resistenza sarà eguale ad $\frac{nho}{l}$. Così secondo la formola che esprime la forza traente dei cavalli, si ha $nP\left(\frac{2C-v}{C}\right) - \frac{nho}{l} = rQ + \frac{hQ}{l}$; d'onde si trae $n = \frac{C(lr+h)Q}{2PlC - Pvl - Cho}$. Rappresentando, come qui sopra, con t la durata del lavoro giornaliero, e con p la spesa media giornaliera di un cavallo; $\frac{l}{v}$ sarà il tempo impiegato a percorrere la distanza l; e $\frac{lnp}{vt}$ saranno le spese di trasporto prodotte su questa stessa lunghezza l della strada, dal numero n dei cavalli; sostituendo ad n il valore che abbiamo trovato, si avrà

$$\frac{lnp}{vt} = \frac{CpQl(lr+h)}{tv(2PlC - vlP - Cho)}.$$

Questa espressione generale delle spese di trasporto diviene un *minimum* quando il denominatore diviene un *maximum* relativamente alla velocità v dei cavalli, cioè: quando si ha $v = C\left(1 - \frac{ho}{2lP}\right)$. Così, salendo, i cavalli andranno tanto più lentamente quanto la scarpa rappresentata da $\frac{h}{l}$ o il rapporto $\frac{o}{P}$ divengono più considerevoli. Conviene osservare che le strade nei paesi di montagna possono essere o troppo brevi o troppo ripide, od anche troppo lunghe e di declivio troppo dolce: nel primo caso si ha bisogno di troppi cavalli di rinforzo, e nel secondo di troppo tempo per fare le risvolte; ora queste due spese in cavalli e in tempo accrescono quelle di trasporto. L'altezza h del tronco da salire essendo ordinariamente data, non abbiamo che ad occuparci della lunghezza della strada da percorrere; a quest'effetto rimpiazzeremo v col suo valore $C\left(1 - \frac{ho}{2lP}\right)$; allora la forza del tiro di un cavallo diviene

1.° . . . . $P - \frac{ho}{2l}$; 2.° . . . . $n = \frac{2Q(lr+h)}{2Pl - ho}$, e le spese di trasporto

$\frac{pln}{tv} = -\frac{pQ\,(lr+h)}{CtP\left(1-\frac{ho}{2lP}\right)\left(1-\frac{ho}{2lP}\right)}$; divengono esse un *minimum* relativamente ad l, ponendo $\left(1-\frac{ho}{2lP}\right)-\frac{ho}{l^2P}\,(lr+h)=0$. Da ciò si trae $\frac{l}{h}=\frac{3o}{4P}\left(1+\sqrt{\left(1+\frac{16P}{gro}\right)}\right)$; per conseguenza il cammino deve essere tanto più lungo, o la salita per tesa tanto più picciola quanto il peso o dei cavalli sarà più considerevole rapporto alla loro forza di tiro P, o quanto la resistenza della vettura sarà minore; cioè, in altri termini, quanto saranno le vetture o le strade in miglior stato.

Sieno, per esempio, $o = 5$ quintali, $P = 1$ quintale, o la resistenza $rQ = \frac{1}{36}$ Q; si troverà $\frac{l}{h} = 17,7$; la inclinazione per tesa dovrà essere $h = \frac{72}{17,7} = 4,07$ pollici. Nell'Austria le strade nuovamente costrutte in paese di montagna hanno infatti 4 pollici d'inclinazione per tesa, il che si accorda benissimo, come si vede, colla nostra teoria. Assicurano abili ingegneri che questa inclinazione è stata trovata coll'esperienza nelle provincie renane, e che di là se ne è introdotto l'uso nell'Austria. Così la nostra teoria non è che meglio confermata.

Da ciò che precede noi possiamo dedurre le regole seguenti: 1.° La resistenza r della strade di ferro essendo assai meno considerevole che quella delle strade pavimentate o *ferrate*, conviene dar loro una salita molto minore che alle strade comuni. Poc'anzi abbiamo valutato la resistenza r ad 86,8 libbre per una vettura portante 100 quintali; facendo dunque $r = 0,868$ di quintale e conservando $P = 1$ a $o = 5$, si trova $l = 28h$; per conseguenza la salita più vantaggiosa sarà di 2,5 pollici per tesa. In molti casi r può divenire minore di $\frac{1}{100}$; allora l'inclinazione più vantaggiosa sarà al disotto di 4 pollici per 3 tese; oppure le strade dovranno essere tre volte più lunghe che non sono d'ordinario. 2.° Quando le strade sono lunghe o attraversano alternativamente le coste e le pianure, i vetturali sogliono adattare i carichi alle salite, in modo di poter dispensarsi dal prendere cavalli di rinforzo, o lasciarli per così dire passeggiare nelle parti unite della strada. In questa supposizione si può stimar la forza media di un cavallo a due quintali, e riguardare il movimento quasi uniforme. Sieno allora L la lunghezza orizzontale della strada, l quella della strada inclinata, ed h la sua altezza. Ammettendo che $\frac{h}{l}$ sia una frazione picciolissima, il numero dei cavalli sarà presso a poco espresso da $\left(r+\frac{h}{l}\right)Q$; C essendo la velocità, l essendo pure la lunghezza

della strada discendente, $\frac{L+2l}{C}$ sarà il tempo impiegato a percorrere tutta la trada; e $\frac{p}{t}\left(r+\frac{h}{l}\right)Q\left(\frac{L+2l}{C}\right)$ esprimerà le spese di trasporto, che divengono un *minimum* relativamente ad l, quando si ha $\frac{l}{h}=\sqrt{\left(\frac{L}{2hr}\right)}$. Siono, per esempio, $L = 3$ miglia di 4000 tese, $h = 250$ piedi; $r=\frac{1}{36}$. Mettendo questi valori in quello di $\frac{l}{h}$, si ha $\frac{l}{h}=\sqrt{\left(\frac{3.4000.6.36}{2.250}\right)}=72$; il che mostra che la strada deve avere una inclinazione di 1 pollice per tesa. Così la inclinazione di 4 pollici per tesa, trovata più sopra, non convieno cho quando la strada montnosa è isolata; ma quando è unita a strade orizzontali il calcolo precedente fa vedere cho la inclinazione deve esser minore di 4 pollici per tesa.

Vedesi adunque quali resistenze offrono alle vetture le diverse specie delle strade, qualo modificasione possa recarvi la varia forma ed attiraglio delle vetture, onde determinare rettamento la vera resistenza prodotta dalla materia o così fissare la scelta della direzione, del pendio, e, se è in facoltà dell'architetto, anche il più utile materiale. Non sembreranno soverchie tali ricerche se si consideri che di tutti i rami della costruzione pubblica le strade sono al certo il più utile o meritevole di serii riguardi. Diffatti ogni popolo cho fissò un'epoca nella storia, o col progresso della civiltà regolò in modo stabile la sua amministrazione attaccò alla struttura delle vie pubbliche la massima importanza. — Vedemmo nel nostro autore quali immensi lavori eseguirono in questo genere i Romani, ohe senza confronto superarono tutte le nazioni antiche in fatto di costruzioni pubblicho; o i Greci sebbeno divisi in molti stati di picciole superficie, pure pel legame cho avevano fra loro o pel commercio che dalle molte coste marittime di quel classico paese si faceva coll'interno, le strade fissarono assai presto l'attenzione di quelle repubbliche e i più grandi uomini per valore in guerra o in amministrare le cose dello stato furono prescelti a sorvegliare a dirigere la fattura o la manutenziono delle strade.

I Chinesi, che non ebbero già i Romani per modelli, non hanno prestato minore attenziono a questo ramo di amministraziono, o non hanno trascurato nulla per fare commode o belle le strade. Una moltitudine d'uomini sono continuamente impiegati a tenerle unite o spesso anche a pareggiarle. Essi hanno aperte dello strado sopra lo più alte montagne, penetrando roccie, appianando le sommità e riempiendo valli profonde. In alcuno provincie le grandi vie sono come tanti passeggi fiancheggiati da grandi alberi e talvolta da muri elevati 7 in 8 piedi per impedire ai viaggiatori di passare a cavallo nelle proprietà private; vi si lasciano aperture che conducono ai villaggi; e su questo strade si trovano a certe distanze luoghi di riposo pei pedoni. La maggior parte dei

mandarini richiamati dai loro impieghi cercano distinguersi per opere di tale natura. S'incontrano pure templi e conventi di bonzi che offrono lungo il giorno un ritiro ai viaggiatori. Si trovano persone caritatevoli che fanno distribuire durante la bella stagione del tè ai poveri viandanti, o durante l'inverno, una specie d'acqua composta con infusione di zenzero. Gli alberghi sono vastissimi e bellissimi sulle grandi strade; vi si trovano pure ad eguali distanze, certe torri quadrate fatte di terra, con garrette per le sentinelle e stendardi che si levano per segnale in caso d'allarme. Una legge espressa ordina di elevare simili torri ogni mezza lega; vi si stabilisce una guardia di soldati che è sempre sotto le armi, per osservare ciò che avviene nei contorni e prevenire ogni specie di disordine. Magalhens osserva che i Chinesi hanno stampati i loro itinerari che contengono le strade, l'ordine delle poste e le distanze da una città all'altra. In questo libro tutte le grandi vie della China sono divise in mille cento ottantacinque. Esse hanno alberghi reali chiamati *ese* o *chin* che significa luogo di piacere o di riposo; ciò che non si può dire al certo degli alberghi sulle nostre grandi strade.

Le strade in Inghilterra non sono punto allineate, ma seguono tutte la direzione dalle antiche strade. La loro costruzione è dovunque la stessa: la larghezza è fissata a metri 7, 80, in 9, 75, compresi i marciapiedi, la cui larghezza è dai 2 fino ai 3 piedi.

Le rampe nelle montagne hanno l'inclinazione di 2, 3 e 4 pollici per tesa, tutte praticate in un suolo ghiaioso.

Le incassature sono quasi tutte fatte in un buon terreno; ma quando si trovano banchi di argilla si copre il fondo di fascine lunghe tre piedi su tutta la larghezza della via, comprese anche le fosse perchè le acque non formino burroni. Queste fascine sono quindi ricoperte di grosse pietre sulle quali si spandono ciottoli e ghiaia. Le fosse, tanto nelle montagne quanto nei burroni, non hanno che circa 18 pollici di larghezza sopra 6 di profondità e sono arrotondate nel fondo.

Le carreggiate sono convesse pel decimo della loro semilarghezza.

I marciapiedi sono elevati nella pianura 8 pollici circa sopra l'inclinazione interiore della carreggiata, coperti di una ghiaia fina e bene mantenuti. Non si fanno che ad una sola parte della strada, eccetto nelle vicinanze di Londra, ove si trovano ai due lati.

Sono essi guarentiti dalle vetture con paracarri situati di distanza in distanza, e tutti dipinti in bianco, facendosi così meglio distinguere alla notte.

Le acque delle fosse, tanto in montagna quanto in pianura, a brevissime distanze attraversano le picciole vie o marciapiedi mediante condotti fatti di pietre o col tronco di un vecchio salice.

Nelle montagne, quando la strada è a mezza costa, il marciapiede è dalla parte del burrone o della pianura; il viaggiatore è sempre guarentito da un parapetto d'appoggio o da una siepe viva o secca, e v'è un solo fosso dalla parte della

montagna. Quando la strada è incassata, il marciapiede è stabilito a destra od a sinistra a seconda della rampa della strada.

Tutti i piccoli ponti e ponticelli attraversanti le strade su tutta la larghezza di esse sono di mattoni e fabbricati con sufficiente solidità.

Per dare poi un' idea del sistema adottato in Francia per la costruzione delle strade riporteremo la traduzione della seguente:

Memoria sulla costruzione e manutenzione delle strade nelle pianure e nelle montagne di M. Tresaguet Ispettore Generale ecc.

Delle strade a mezza costa. — Si è particolarmente prescelto il circondare le montagne per ridurre le maggiori inclinazioni a 5 pollici per tesa (metri 0,16) e non si è determinato tale pendìo se non quando sarebbe stato impossibile di farlo minore, senza cadere in scavi o riporti troppo considerevoli o in sviluppi troppo grandi, la maggior lunghezza dei quali non sarebbe stata indennizzata dalla più dolce inclinazione che avrebbero procurato. Le più comuni pendenze sono adunque di 2, 3 e 4 pollici (0, 05; 0, 08; 0, 11 centimetri): si è fissato per le montagne, il cui sviluppo allunga necessariamente la strada, di dividere l'altezza totale in un certo numero di pendenze disposte in modo che il principio della salita abbia le più forti inclinazioni, e le vada diminuendo a misura che si avvicina alla sommità; per esempio un pezzo di 600 tese (metri 1200) di sviluppo, e di 150 piedi (metri 50) di altezza totale, puossi salire sopra una inclinazione uniforme di 3 pollici (metri 0, 08); ma benchè questa inclinazione sia facile e comoda sopra una picciola lunghezza, essa diviene faticosa a misura che si allunga, e si è preferito di divider questa salita in cinque, cioè: la prima di 100 tese (metri 200) su quattro pollici di pendìo (metri 0,11); la seconda di 100 tese su tre pollici e 6 linee (metri 0, 10); la terza di 110 tese (metri 220) di lunghezza, su 3 pollici e 3 linee (metri 0,09); la quarta di 140 tese (metri 280) di lunghezza sopra 2 pollici 8 linee (metri 0,07); la quinta ed ultima di 150 tese (metri 300) sopra 2 pollici (0,05), acciocchè la resistenza diminuisca in ragione delle forze del cavallo indebolite da un troppo lungo attiraglio. All'incontro se l'inclinazione fosse stata di 3 pollici (0,08) uniformemente su tutta la lunghezza, la resistenza sarebbe stata eguale alla fine come al principio, e le forze del cavallo molto minori. Si osserva di fare dei riposi di 20 tese (40 metri) di lunghezza ad ogni cangiamento d'inclinazione, che si sono messi per quanto è stato possibile nello risvolto degli angoli saglienti o rientranti nella montagna; il che fa che la loro lunghezza non possa essere assoggettata a veruna proporzione fra essi e le altezze. Le strade a mezza costa sono tagliate sul pendìo delle montagne per 42 piedi di larghezza (metri 19) con banchette di 3 piedi alla sommità e piantate di alberi soltanto dalla parte della vallata.

Si sono preferite dietro l' esperienza le carreggiate od argini concavi come

quelli del profilo figura 7 Tav. D, agli argini bombati, figura 8, ed alle strade inclinate su tutta la larghezza, figura 9, per evitare le fosse praticate al piede della parte bassa servienti allo scolo delle acque, che raccolte e rinserrate nei rivoli o fossi, scorrono colla maggiore velocità sopra inclinazioni di 3 in 4 pollici (metri 0,08, in 0,11), trascinano necessariamente le terre e formano burroni che ben presto rendono impraticabile la strada. Qualunque sia la cura che si prenda per la manutenzione, le riparazioni saranno sempre distrutte dal primo oragano. Il solo mezzo di arrestare tali disastri sarebbe quello di rivestire le fosse sui fianchi e pavimentare il fondo; ma quest' eccesso di spesa non rimedia abbastanza allo scolo delle acque al lato opposto, che trascina la costruzione dei riporti; in modo che in pochissimo tempo non rimane per così dire che l' argine isolato, essendo i margini rovinati e non praticabili dalle vetture.

L' argine concavo, figura 7, rimedia a tutti questi inconvenienti rinnendo le acque nel suo mezzo; esso è più economico perchè sopprime la spesa della fossa e del suo rivestimento, come anche dello scavo della sua larghezza su tutta l' altezza del pendio; esso è inoltre il più sicuro pei viaggiatori per la sua forma e specialmente per la banchetta dalla parte del precipizio, che non si può adoperare negli argini bombati perchè allora sarebbe necessario un secondo fosso al piede della banchetta, rivestito come l'altro; senza il quale le acque colando sulla lunghezza delle scarpe le distruggerebbero in breve. La figura 9 ha lo stesso inconveniente del fosso; oltre la forma spiacevole alla vista essa è anche più incomoda per le vetture sempre pendenti sopra un piano inclinato 5 in 6 pollici (metri 0, 14, in 0, 16) per tesa, perchè è necessario che l'inclinazione sulla larghezza sia sempre più forte che sulla lunghezza, per determinare le acque a scolare nelle fosse; senza ciò seguirebbero la inclinazione più ripida della lunghezza, le fosse diverrebbero inutili e le strade piene di burroni e portate via.

Questi argini concavi non sono però senza inconvenienti; essi sarebbero soggetti ad essere guastati dal frequente scolo delle acque se non vi si rimediasse nella loro costruzione. Nell'articolo degli argini si daranno i mezzi che sono stati impiegati con successo, confermati da otto o nove anni di carreggiatura, e conservati nello stato della prima costruzione.

Delle strade in pianura — Le strade orizzontali o all' incirca, sono rarissime nel Limosino, come in tutti i paesi di montagna: se ne trova nondimeno qualche parte sulle sommità o nelle vallate il cui fondo ha qualche larghezza. Queste strade secondo i regolamenti e gli usi sono accompagnate da fossi, come nella figura 16, per lo scolo delle acque; ma la soppressione di essi, dimostrata necessaria nei tronchi ove sono allineamenti d' alberi prossimi allo spigolo delle scarpe, figura 7, formava deformità spiacevolissime a ciascuna riunione delle parti in pianura con quelle a mezza costa, in isterro o in riporto, per le larghezze delle fosse di 6 piedi (metri 1, 95) prese al di fuori, e la linea de-

gli alberi 6 piedi al di là, il che le allontana 12 piedi (metri 3, 90) dallo spigolo della scarpa, mentre non possono essere che due piedi (metri 0,65) sulle coste, a causa del piano inclinato degl' imbasamenti che metterebbero la loro cima al livello dell'argine se ne fossero a 12 piedi (metri 3, 90) di distanza; ma riflettendo all'uso di queste fosse in paese di pianura, si vede che non sono state immaginate che per lo scolo delle acque, e che si possono sopprimere facendo la strada alta 18 in 20 pollici (0, 49 in 0, 54) sopra la superficie della pianura formando un alzato uniforme e della prescritta larghezza. In tutti i casi di acclività e di declività, le acque non rimarrebbero nemmeno sulla strada poichè avrebbero del pari una parte più bassa onde scolare (vedi il profilo figura 17). I pareggiamenti non avranno allora più deformità, le strade saranno di una stessa larghezza e gli alberi cordeggeranno sempre, restando ad una stessa distanza dallo spigolo delle coste ed a una stessa altezza sotto il livello della superficie della strada.

Questo metodo parve non solo più conveniente in quanto salva tutte le deformità delle varie larghezze ripetute ad ogni scavamento o rialzo, ma anche più economico nella costruzione prima e nella manutenzione.

Più economico nella prima costruzione, non pel movimento delle terre che si può considerare eguale al formare le spalle in rialzo salvando il vuoto dell'incassatura secondo la figura 17, o allo scavare l'incassatura dell'argine e delle fosse secondo la figura 16; ma nel conservare ai proprietari frontisti 4 tese superficiali (15 metri quadrati), ogni tesa di strada (1,95); il che dà ogni lega di 2400 tese (metri 4676) 9600 tese quadrate (36377 met. quad.) ed al governo l'indennità di questi fondi, che si paga esattamente in questa provincia dopo l'amministrazione di M. Turgot; finalmente più economico nella manutenzione per lo spurgo dei fossi che si colmano tanto più presto in quanto che non avendo veruna pendenza, le acque vi sono stagnanti fino a che sieno assorbite dalle terre o vi depositano tutte quelle che vi hanno trascinato.

I fossi hanno ancora l'inconveniente non meno sfavorevole alla solidità delle strade nei terreni argillosi del conservare l'acqua e mantenere un'umidità nelle spalle che le rende fangose, e che di luogo in luogo penetra fino all'argine, il che non può avvenire al picciolo rialzo sopra il suolo che ha il suo scolo da due parti ond'è liberato da ogni umidità.

Questi vantaggi riconosciuti nelle picciole parti a livello che s' incontrano nei paesi di montagna, non meriterebbero d' essere osservati nei paesi di pianura per la conservazione del terreno, pel risparmio sulle indennità e sulla manutenzione delle fosse? Si lascia decidere questa proposizione agl' ingegneri di pianura che hanno forse delle soggezioni o servitù sconosciute nelle montagne.

Carreggiate di pietrame o di ghiaia. — Le dimensioni degli argini sono quasi generalmente sulle grandi strade di Francia, 18 piedi di larghezza (metri 5, 85), 18 pollici di grossezza (0,32) ai margini; il che produce 21 pollici (metri 0,57) di grossezza ridotta.

Le pietre sono posate a mano nel fondo dell'incassatura in piano, quindi caricato di pietruzze fino all'origine del bombamento, battute colla mazza, e queste ricoperte di pietruzze che debbono essere ridotte in pezzi più sottili che nello strato inferiore, per formare il bombamento.

Questo spessore può essere necessario negli argini alla manutenzione col mezzo delle servitù, le cui riparazioni non si possono fare che nelle stagioni di primavera o di autunno: le rotaie profonde che si formano nell'intervallo di 6 mesi, avrebbero potuto tagliarli o distruggerli totalmente, se avessero avuto minor spessore; ma la soppressione delle servitù in questa provincia, dopo il 1764, ha dato occasione a riformare queste costruzioni, e ridurre le grossezze al necessario per resistere al peso delle più grosse vetture, e per conseguenza di diminuirne la spesa oltre la metà, facendo questi argini della stessa grossezza da una sponda all'altra, e non dando loro che 9 in 10 pollici (metri 0,24 in 0,27) invece di pollici 21 (metri 0,57) ridotti, che avevano.

Questi argini hanno resistito dieci anni, con una manutenzione continuata, belli del pari e bombati nello stesso modo che erano alla prima formazione, su tutte strade più praticate di questa provincia, come quella da Parigi a Tolosa e quella da Parigi nella Spagna, benchè composte per la più parte di pietre calcari e tenere. Per giugnere, diminuendo così considerevolmente lo spessore degli argini, a conservar la forza necessaria al peso che dovevano sopportare, fu d'uopo cangiarne la costruzione e le dimensioni. Il fondo dell'incassatura è stato bombato parallelamente a quello che deve avere (vedi il profilo fig. 19) la profondità ridotta a 10 pollici (metri 0,27) e le coste tagliate in pendio sopra un angolo di circa 20.° Preparata in tal modo l'incassatura, le cordonate si murarono dai selciatori in modo che la superficie di esse fosse coperta dalle pietruzze e non rimanesse apparente che la superficie del cordone; il primo strato nel fondo dell'incassatura è posato in coltello a guisa del pavimento di pietrame, consolidato e battuto colla mazza, senza però volere che un pezzo non sorpassi gli altri: il di più delle pietre fu egualmente disposto colla mano strato per strato, battuto o incassato grossolanamente colla mazza perchè s'incastrino le une nelle altre e non rimanga verun vuoto. Finalmente, l'ultimo strato di tre pollici (metri 0,08) è di pezzi rotti con un piccolo martello separatamente sopra una specie di ancudine, della grossezza di una noce circa, per esser quindi gettati colla pala sull'argine e formare il bombamento. Osservasi colla maggior attenzione di scegliere le pietre più dure per quest'ultimo strato, si dovesse anche prenderle da cave più distanti di quelle che hanno fornito la pietra del corpo dell'argine; dipendendo la solidità di esso da quest'ultimo strato non si può essere abbastanza scrupolosi sulla qualità della pietra o dei ciottoli che vi si derono impiegare. Gli argini incavati (figura 13) sono costrutti sullo stesso principio; osservasi soltanto che non sono impiegati che nelle pendenze che superano i due pollici, e i bombati, sulle inclinazioni al di sotto.

I bombamenti, come anche le curvature degli argini, sono fissati proporzionali

alle pendenze; gli argini bombati hanno sei pollici nelle pianure, e le pendenze al di sotto di due pollici ($0^m,05$); e gli archi degli argini concavi di 4,5 e 6 pollici (metri 0,11, 0,14 e 0,16) secondo le pendenze, dai 2 pollici ($0^m,05$) fino a 5 pollici ($0,^m$ 14).

Per prevenire i guasti che potrebbe fare lo scolo delle acque negli argini concavi e i burroni sui fianchi tanto degli argini suddetti come di quelli incavati, si formano traverse di distanza in distanza determinate anch' esse dalla ripidezza dei declivi, cioè: di 10 in 10 tese (20 in 20 metri) sulle pendenze di 4 in 5 pollici ($0,^m11$ a 0,14); di 15 tese (30 metri) su quelle di 3 in 4 pollici (metri 0,08 in 0,11), o di 20 tese (metri 40) su quelle al di sotto di 3 pollici (metri 0,08). Le traverse, disposte secondo le figure 14 e 15, formano un angolo di 45° colla linea della strada, e sono composte di grosse cordonate disposte per la larghezza ed in coltello, in modo che sieno almeno 12 pollici (metri 0,32) incastrate in una fossa fatta per riceverle; in guisa che la loro superficie non ecceda quella degli argini e dei fianchi e non produca verun urto alle vetture. Si posano anche di 12 in 12 piedi (4 in 4 metri) certi pezzi saglienti per impedire ai carrettieri di condurre una delle ruote lungo l' argine: il che farebbero senza questa precauzione, nelle discese, per ritenere le vetture. Questa pratica usitata da tutti i vetturali deteriora gli argini colla rotaia che vi si forma e mette all'aria le cordonate e le lascia senza sostegno.

Queste traverse, figura 14, bastano negli argini concavi per arrestare i guasti che vi potrebbe fare lo scolo delle acque quando la pietra spezzata è molto dura; ma quando invece è tenera e si riduce in sabbia, le acque la trascinano facilmente e slegano l' argine: in questo caso, vi si rimedia con un pavimento di 6 piedi (metri 2) di larghezza nel mezzo dell' argine, seguendo la stessa curvatura del restante dell' impietramento, osservando di far sporgere alternativamente una cordonata di questo pavimento, come le immorsature, per formar legame coll'impietramento o il ciottolato. Sono sei anni che si eseguirono argini sulla strada da Parigi a Tolosa fra il Berry e il Limosino ove la pietra è della più cattiva qualità; essi conservaronsi benissimo col mezzo di questa parte pavimentata che le serve di rivolo; quelli della stessa strada fra Limoges ed il Quercy ove la pietra è pure di cattiva qualità si sostengono del pari senza il soccorso di traverse, nè di pavimenti nel mezzo. Si osserva che quando le pendenze sono lunghe e che si raccoglie tropp' acqua nelle fosse, se ne liberano secondo i bisogni o le circostanze con condotti attraversanti i fianchi, che conducono l' acqua fuori della strada.

Questi condotti sono costrutti come gli argini concavi, sopra una curvatura di 4 in 5 pollici (11, a 14 cent.) di freccia; hanno 6 in 9 piedi (metri 1,95 a 2,90) di larghezza proporzionata alla quantità d' acqua che devono ricevere; ed anche perchè le vetture non soffrano urto attraversandole; e quando tali condotti si scaricano sul ciglio dei rialzi sono prolungati lungo gli stessi fino all' incontro del terreno fermo; senza ciò le acque trasporterebbero le terre

riportate. Si ha d'altronde la massima cura di deviare le acque estranee che potrebbero giugnervi, con scaricatori, picciole dighe ecc., in modo che non vi coli altr'acqua che quella della pioggia cadente sulla sua superficie, non quelle che potrebbero provenire dallo scolo delle terre o da altre strade a traverso a.

Per dare un'idea poi delle diverse specie di strade usate un tempo o tuttora in uso, abbiamo raccolto nella Tavola D i principali profili colle misure delle parti di ciascuno acciò possa vedersi quanto convengano e quali difetti o inconvenienti presentino nelle diverse circostanze di luogo o delle materie che formano il corpo della strada.

La figura 1 Tav. D, rappresenta il profilo di una strada in vicinanza ad una vasta città: essa ha la carreggiata di pietra, è bombata, ha larghi marciapiedi e fossi, ed è fiancheggiata da alberi ad ogni riva di essi.

La figura 2 è il profilo di una strada convessa pure di pietra con cunette, larghi marciapiedi inclinati verso esse, e filari d'alberi al piede delle banchine. La figura 3 indica un profilo di strada in suolo debolmente inclinato od orizzontale, con carreggiata in pietre, larghi marciapiedi, fossi con scarpe molto inclinate e con alberi alle rive opposte ai margini della strada; la figura 4, un profilo di strada elevata dal suolo, e con larghi marciapiedi, sostegno di terra ed alberi a piedi della scarpa; la figura 5 rappresenta un profilo di strada rialzata come si usa in Inghilterra e in Linguadoca, colla scarpa da una parte munita di pietre, ed alberi al piede e un fosso pure in pietra dall'altro e banchina formante il marciapiede; la figura 6, altro profilo di strada simile ma non elevata dal suolo, ed fosso dalla parte opposta alla banchina; la figura 7 indica un profilo di strada a mezza costa, concava e fatta di pietre con marciapiedi e banchina; la figura 8, una strada simile ma convessa e col fosso dalla parte della montagna; la figura 9 esprime un profilo di strada inclinata per tutta la sua larghezza verso la montagna ov'è un fosso rivestito di pietra con acquedotto sotterraneo per lo scolo della strada; la figura 10, una strada convessa con fossi da ambe le parti e con banchina a destra; la figura 11, un profilo di strada concava senza fossi e con banchina dalla parte sinistra; e la figura 12 esprime un profilo di strada riccamente sistemata in pietra, con fosso dalla parte del monte e muri di sostegno tanto da essa parte come verso la valle ove lambisce un fiume.

All'interessante memoria del Tresaguet aggiugneremo le opinioni di M. Cunnings sull'attuale sistema delle strade Francesi, parendoci di non lieve momento a chiarire la materia.

» Si sono generalmente preferite le strade convesse, supponendo prima di tutto che sieno più secche delle strade piane in causa dell'inclinazione dei fianchi, la quale dà all'acqua una velocità maggiore di quella che otterrebbe facendola scorrere nella direzione della strada. In secondo luogo la forma esteriore delle vie rappresentando un arco, si è immaginato che avessero anch'esse la proprietà di sostenere pesi più forti di quelli che sosterrebbero strade di tutt'al-

tra forma; ma non bisogna dimenticarsi che se le spalle che sostengono tutto lo sforzo della pressione laterale e impediscono l'arco di abbassarsi, dovessero piegarsi, gli archi non potrebbero sostenere nemmeno il proprio peso.

Se dunque la strada convessa non è calcolata per resistere alla pressione laterale e per impedire l'infangamento e la dislocazione delle materie costituenti, essa non avrà nessun vantaggio dal rassomigliare l'arco di un ponte. In quanto al vantaggio di far scorrere verso i cigli le acque pluviali, esso non provasi che quando le strade sono appena terminate o finchè conservano la superficie eguale che vi si suppone in teoria; ma fatta che siasi qualche rotaia, essa arresta l'acqua che scorreva verso i cigli e la stende per la lunghezza della strada. Siccome le strade non si sono costrutte in modo che l'acqua potesse scolare da tali rotaie, essa vi rimane, penetra sempre più le sostanze che formano le strade, finchè tagliatane poi la crosta, le ruote penetrano le sostanze tenere e formano rotaie profonde che s'allargano col tempo e divengono perigliose. Tutti questi inconvenienti provengono nondimeno dalla forma convessa che costringe le vetture a tener sempre la sommità della via: così i vantaggi immaginari della convessità delle strade svaniscono in pratica e danno luogo a mali reali.

Quando la sommità di una strada convessa è occupata da una o più vetture, se altre vetture vogliono passare nello stesso tempo è d'uopo che passino pel pendio della strada da una parte o dall'altra: allora il carico e le rotture che fanno nel pavimento sforzano le sostanze più dure ad uscire sui margini, ed a portarsi insensibilmente dal mezzo della strada verso le estremità ove non possono servire a nulla.

Le strade piane che hanno uno stesso livello da un ciglio all'altro, sono assai migliori per viaggiare che le convesse: ciascuna parte della loro larghezza intera essendo egualmente comoda, è frequentata o pesta egualmente. Siccome non vi è mai inclinazione laterale come nelle strade convesse, le sostanze ond'è formata la strada non tendono già ad allontanarsi progressivamente dal loro posto; non vi si formano rotaie profonde, perchè la strada è frequentata egualmente su tutta la larghezza, e le vetture che la percorrono essendo sparse del pari e volontariamente su tutta la sua superficie, la traccia di ciascuna ruota, benchè appena sensibile, diviene un picciolo rivolo per condurre le acque pluviali lungo la strada; e ciò è il meglio che possa avvenire quando si abbia avuto cura di dare alla strada una inclinazione conveniente e di praticare di spazio in spazio attraverso di essa piccioli rivoli propri a scaricare le acque.

Conviene osservare che ciascuna vettura prendendo un cammino diverso sulla stessa strada, ciascuna ruota forma il suo rigagnolo quasi insensibile per far scorrere le acque nel senso della lunghezza di una strada piana, e che così la via è tanto più secca quante più vetture vi passano. Dunque il numero delle vetture che ruotano sopra una strada piana in tempi piovosi tende a seccarla ed a migliorarla; invece che sopra una strada convessa il passaggio frequente delle vetture tende all'immediata distruzione.

In fatti qualunque si curi di osservare che le acque scorrono quasi sempre longitudinalmente nelle rotaie delle strade convesse, benchè l'inclinazione sia incomparabilmente più forte verso i cigli che nel mezzo, sentirà tosto la necessità di costruire le strade in modo che le acque scorrano nel senso della lunghezza invece di darsi tanta pena e a puro danno per tentare di farle scorrere dal mezzo verso i cigli. Le strade piane adunque hanno una decisa superiorità sulle strade convesse.

Esaminiamo frattanto le strade concave. Supponiamo un gran truogolo di legno o di pietra, d'una larghezza uniforme e pieno in tutta la sua lunghezza, che è indefinita, a una profondità qualunque, di sostanze proprie a formare una strada ed abbastanza umido per potersi avvicinare a prender coerenza: supponiamo quindi che un cilindro pesante, largo come il truogolo vi ruoti sopra a più riprese: vedesi che le sostanze chiuse nel truogolo, non possono fuggire pei lati in causa dell'ostacolo che le trattiene; tutta la forza del cilindro s'applicherà a comprimerle perpendicolarmente e in conseguenza a consolidarle, a ravvicinarle o a dare la più grande energia alla loro attrazione reciproca. Siccome in questo caso il movimento laterale non può più aver luogo dacchè le sostanze sono state una volta compresse, e nulla può cangiare le loro posizioni relative, esse diverranno così dure, così compatte, così incompressibili, così unite che le ruote potranno scorrervi sopra come sul ferro o sulla pietra; e se esse restano secche formeranno la miglior strada possibile per le vetture; ma se si toglie l'ostacolo che si opponeva alla pressione laterale, queste stesse sostanze si porteranno insensibilmente verso i cigli ogni volta che una ruota vi passerà sopra; esse non saranno più nè così compatte nè così ferme come quando tutta la pressione era applicata perpendicolarmente o nulla poteva cangiare le loro posizioni rispettive o romperne l'adesione. Tutto ciò non serve che a far sentire la necessità di contenere le materie delle strade con muri ai margini, spalle od altra maniera qualunque di resistere allo sforzo della pressione laterale ».

Ad ulteriore schiarimento dei sistemi e delle opinioni degl'ingegneri Francesi sulle loro strade aggiugneremo alcune delle osservazioni fatte nel 1802 dal Delaistre all'amministrazione dei ponti e delle strade, le quali possono produrre altri utili riflessi.

» Nei progetti s'inseriscono, spessissimo a torto, condizioni troppo onerose per gl'intrapreditori delle opere pubbliche; perchè è da temersi che in caso di perdita troppo grave sia difficile farli progredire e adempiere i loro obblighi.

Non conviene esigere troppa economia, specialmente allorchè produce difetto di solidità, poichè si lavora non solo pel presente ma anche per l'avvenire.

Sono passati più di venti secoli e le strade dei Romani esistono ancora in certe parti quasi interamente, mentre alcuni anni di rivoluzione hanno distrotto le nostre strade. Le nostre vie hanno tutto al più un piede di grossezza; quelle dei Romani ne avevano tre o quattro; i loro carri erano a due o a quattro

ruote; quelli a due erano tirati da due o tre cavalli soltanto, e non potevano caricare che due o trecente libbre; i carri a quattro ruote potevano essere tirati da 8 cavalli e non potevano portare più di un migliaio di libbre. In Francia i carri di trasporto portano dieci volte più, e le leggi repressive che si sono fatte rimasero ineseguite. Così le carreggiate Romane avevano un massiccio solido di tre piedi almeno di grossezza e non avevano a sopportare che un migliaio di libbre al più; le carreggiate Francesi non hanno nemmeno un piede ridotto di spessore, e sono d'altronde di una costruzione poco solida, eppure hanno da sopportare un peso sette in otto volte più considerevole.

Le forme delle nostre strade sono viziose; la carreggiata è troppo stretta, e i marciapiedi troppo larghi.

Il passaggio dalla carreggiata ai marciapiedi è pericoloso specialmente su quelle pavimentate ove il marciapiede è sempre più basso di qualche centimetro della cordonata del pavimento, e se due vetture s'incontrano, una d'esse e talvolta entrambe sono costrette di mettere una ruota sul marciapiede; il cangiamento subito produce uno sporto che fa rovesciare la vettura.

I marciapiedi ne'tempi piovosi sono pieni di fango ove i pedoni non possono camminare; se prendono la via della carreggiata, tosto due vetture di fronte lo costringono a profondarsi in un terreno fangoso; se scorrono su una delle rive esterne del fosso calpestano le proprietà particolari e possono nuocere ai raccolti.

È desiderabile che sulle strade di 60 piedi, i marciapiedi sieno ridotti a 6, l'argine a 24 e le fosse a 4 piedi; che sul ciglio esteriore del fosso si stabilisca una banchetta con 5 piedi di base e 2 piedi almeno d'elevazione sopra il livello del terreno; resterebbero quindi 3 piedi per servire alla piantagione degli alberi.

In questa posizione gli alberi sarebbero meno nocivi all'argine; servirebbero d'ombra ai pedoni; sarebbero al coperto dai guasti de'passeggeri e più facili da conservare. Vedi la figura 20.

Quando i marciapiedi si abbassano per non essere sostenuti, le cordonate dell'argine si scalzano, esso cede e si sfonda: questo stato delle strade richiede una continua manutenzione, la quale benchè dispendiosissima non le rende punto migliori. Per questo motivo sarebbe conveniente sostenere in molte località i marciapiedi col mezzo di muri.

La costruzione dei muri di sostegno sarebbe senza dubbio costosa; ma il vantaggio sarebbe forse maggior della spesa.

Per la manutenzione giornaliera delle strade s'impiegano custodi *cantonniers*, e si deve riguardare come indispensabile questo mezzo conservatore; ma io credo che questa spesa potrebbe divenire una sorgente d'economia o di liberalità.

Nel gran numero dei militari benemeriti del governo ed ai quali deve e concede pensioni si potrebbero scegliere per *cantonniers* quelli che serbano forza bastante per lavorare.

Si farebbe costruire di distanza in distanza una casetta in muri formacei cui si aggiugnerebbe un quadrato di terreno ad uso d'orto; queste casette potrebbero essere costrutte uniformemente con peristili sostenuti da quattro tronchi d'albero a guisa di colonne. Servirebbero essi a mettere a coperto i viaggiatori in caso di tempo cattivo; e queste così frequenti abitazioni contribuirebbero alla sicurezza ed all' abbellimento delle strade.

A questi *cantonniers* militari si darebbe una pensione annua, che non potrebbe mai ammontare alle spese unite dei *cantonniers* e dei militari cui si deve pensione: ciò dunque sarebbe un'economia pel Governo.

I comuni su cui si trovano situate tali abitazioni potrebbero essere costretti a fornire il terreno e forse a fare la prima spesa delle casuccie a.

Dopo aver date le cognizioni che dagli autori si possono raccogliere circa le strade nei paesi stranieri dovressimo occuparci più diffusamente delle strade dell' Italia e specialmente della Lombardia; ma sciaguratamente, mentre questa parte d'Italia può andar superba di avere le più belle strade d'Europa, non abbiamo verun trattato su tale importantissima materia. In buona parte però suppli non ha guari a tanto difetto il chiaro traduttore dello Sganzin il signor ingegnere Cadolini con una sua dotta memoria, che ad onorare i lavori veramente utili, e a sovvenire al difetto di nozioni su quest'argomento, rechiamo qui per intero:

Divisione delle strade di Lombardia — Loro dimensioni e profili — Costruzione architettonica.

» Le strade della Lombardia Austriaca, col piano de' 13 febbrajo 1777, » distinguevansi in tre classi. Quelle della prima avevano la denominazione di » *Regie*, o *Provinciali*; la seconda componevasi delle strade *Comunali*; la terza » comprendeva le *Private*.

» Col decreto 27 marzo 1804, e successivo regolamento 20 maggio 1806 » per la costruzione, per l'adattamento e per la conservazione delle strade, » pubblicati entrambi sotto il cessato Governo Italiano, e tuttora vigenti sotto » il Governo Lombardo, le strade vennero separate in *nazionali*, *dipartimen-* » *tali*, *comunali* e *private*. Attualmente però alle nazionali e dipartimentali si è » applicata la prima denominazione di *Regie*, o *Provinciali*, atantechè l'odierno » compartimento territoriale è in provincie, e non in dipartimenti come nel ces- » sato Regno Italiano.

» Le strade *Regie*, che suddividonsi anche in *postali*, *provinciali* e *commerciali*, » non possono avere una larghezza minore di metri 5,949, (braccia milanesi 10) » nè maggiore di metri 8,329 (braccia milanesi 14), non compresi li due *mar-* » *ciapiedi* laterali, generalmente divisi dalla carreggiata da una fila di colonnette, » o *paracarri*. I marciapiedi non devono essere più larghi di metri 1,190 » (braccia milanesi 2). Nella montagna, e dove altre circostanze lo richiedes-

» sero, le larghezze indicate possono restare diminuite secondo il bisogno.
» Quest' ultima disposizione, la quale tende a procurare risparmi notabilissimi
» di spese allora quando s' incontrino ostacoli di molta difficoltà a sormontarsi,
» come tagli di roccia considerevoli, o che si presenti il caso di ampie de-
» molizioni ed adattamenti di caseggiati, vedesi adottata in varie tratte di al-
» cune strade Regie anche di molta importanza, come quella del giogo dello
» Stelvio e dello Splugen, nelle quali si tenne la larghezza utile del campo
» carreggiabile di soli cinque metri.

» Le strade *Comunali* sono quelle che servono principalmente a comodo
» del comune. Hanno larghezze minori delle commerciali: ma fra quelle con-
» tigue alle città, ed a cospicue borgate, se ne trovano di larghissime, e fian-
» cheggiate da viali di passeggio ornati di piante. La larghezza minima di una
» strada comunale in pianura, è di metri 4,759 (braccia 8 milanesi), larghezza
» che può essere diminuita sino a metri 3, secondo il bisogno nella montagna,
» come si è detto per le strade Regie, o dove altre circostanze le esigessero.

» Ne' casi però in cui la larghezza delle strade Regie, o Comunali, venga
» per le accennate circostanze limitata ad una misura minore della prescritta,
» si lasciano di tratto in tratto degli spazi pel comodo cambio de' carri e delle
» vetture. Questi spazi, che comunemente si dicono *piazzette di cambio*, o *piaz-*
» *zette di riposo*, si fanno da un qualche lato della strada medesima, ed in fi-
» gura per lo più di segmento di cerchio, il cui perimetro curvo verso le di
» lui estremità fa un' inflessione per unirsi dolcemente a tangenzialmente ai ci-
» gli, ossia margini delle strade; inoltre la corda e la saetta di detto segmento
» debbono essere di tali dimensioni, che le mentovate piazzette sieno capaci di
» permettere il rivolgimento degli attiragli dai quali la strada deve essere pra-
» ticata. Le piazzette poi, che si collocano nelle giravolte delle strade si fanno
» d'un intero cerchio, al quale si congiungono i due bracci della strada. Nella
» strada Regia sul giogo dello Stelvio vi sono soltanto delle piazzette di riposo
» nelle giravolte, e sono di figura circolare, aventi il diametro di met. 16. In
» alcune strade comunali poi si vedono costrutte delle piazzette di riposo a seg-
» mento di cerchio, colla corda di metri 12, in altre della corda di metri 10,
» ed in altre ancora colla corda di metri 8, e la loro saetta è pressochè ugua-
» le alla larghezza delle rispettive strade. Le piazzette si fanno in numero suf-
» ficiente acciocchè pel cambio de' ruotanti non si abbia molta perdita di tem-
» po per troppa distanza dall' una all' altra piazzetta; inoltre la situazione ed il
» numero delle medesime debbono regolarsi in modo, che dall' una si possa sco-
» prire il tronco di strada fino alla successiva, e che nelle salite offrano di
» quando in quando il necessario riposo ai ruotanti; perlocchè esse vengono se-
» gnatamente collocate nelle giravolte, e quando fa d'uopo, anche fra l'una e
» l' altra delle giravolte medesime.

» Per le strade *private* poi, cioè per quelle strade aperte da uno, e più
» possidenti nel fondo di loro proprietà, ed a particolare loro comodo, quan-

» tunque anco gravate di pubblica servitù, non è determinata una larghezza co-
» stante, bastando che esse abbiano quella strettamente abbisognevole per l'uso
» a cui servono.

» Comunemente però quelle servienti al carreggio si fanno larghe dalle
» braccia 4 milanesi (metri 2, 38) alle braccia 5 (m. 2, 97); anzi nell' antico
» Ducato di Milano, la larghezza delle strade campestri, dette volgarmente *ac*
» *cessi*, quando servivano per passaggio di carri, si teneva ordinariamente un
» trabucco milanese (metri 2,61); allorchè erano destinate pel passaggio del
» cavallo, si tenevano larghe piedi 4 del detto trabucco (metri 1, 74), ed al-
» lora quando dovevano valere pel passaggio del solo pedone, la loro larghez-
» za si limitava dalli due alli tre piedi del trabucco medesimo (metri 0,87 a
» metri 1, 31).

» Dei precetti generali che regolano la stabilità, il tracciamento, la bre-
» vità, lo scolo, le acclività e declività, ossieno le pendenze longitudinali, le
» combinazioni tra le variazioni nell' andamento, e le variazioni nel livello delle
» strade, può bastare quanto dice l'Autore, essendo applicabile a qualunque
» genere di strade, e non facendosi quivi se non un cenno rapidissimo delle
» principali differenze che distinguono il sistema nostro da quello de' Francesi.

» È bene l'osservare che lo Sganzin fa dipendere le pendenze longitudi-
» nali delle strade dalle sole loro località, quando parrebbe che dovessero di-
» pendere principalmente dai carichi che si trasportano col mezzo dei ruotanti,
» e dalla velocità permanente che si vuol avere nel trasporto; egli quindi pre-
» scrive che la massima pendenza per le strade in pianura non ecceda il cinque
» e mezzo per cento, e quella delle strade in monte non superi il sette per cento.
» In quanto alla limitazione del sette per cento delle strade montuose, fa d'uo-
» po osservare che la stessa pendenza può in alcuni casi per brevi tratti au-
» mentarsi fino al dieci per cento; in ogni caso però dovranno essere regolate
» a norma dei mezzi con cui si eseguiscono i trasporti sulle strade medesime.

» Riguardo poi al limite delle pendenze per le strade in pianura, sembra
» che esso sia stabilito colla vista di non lasciar incorrere con troppa generali-
» tà la massima di preferire la brevità alla ben più sensibile incomodità di
» praticare le strade affette da una pendenza che produca una calcolabile fatica.

» Sul proposito della comodità delle strade, dipendentemente dalle loro pen-
» denze, resta ancora da far riflettere che nei casi, in cui per vista, o di eco-
» nomia di spesa, o di notabilissima brevità, non si possa a meno di adottare
» delle pendenze forti, in tali emergenze bisogna di quando in quando inter-
» romperle con tratti orizzontali, o pressochè orizzontali, i quali possano ser-
» vire di riposo ai ruotanti, e ciò anche a senso di quanto è disposto nel suc-
» citato regolamento stradale.

» Tre sono comunemente le forme che si danno alla superficie superiore
» del pavimento delle strade nelle provincie lombarde.

» La prima a due pioventi arcuati con colmo nel mezzo, è cilindrica, dis-

» posta colla sua convessità verso il cielo, cosicchè la sezione, o profilo tra-
» sversale, perpendicolare all' asse della strada, riesce un arco di cerchio aven-
» te per corda la larghezza della strada medesima, e per saetta, o colmo,
» un' altezza non mai maggiore di $\frac{1}{24}$ nè minore di $\frac{1}{27}$ della corda.

» La seconda, a due pioventi inclinati verso l' asse della strada, è costi-
» tuita da due piani egualmente pendenti verso l'asse medesimo. Nelle strade
» di questa forma, quando sono sistemate in ghiaia, il che si usa assai di ra-
» do, l'inclinazione di ciascun' ala si tiene fra $\frac{1}{12}$ ed $\frac{1}{14}$ della di lei larghezza;
» ed allorchè sono sistemate in selciatura, come si pratica ne' tronchi interni
» de' paesi e delle città, l' inclinazione di ogni ala si tiene fra $\frac{1}{15}$ ed $\frac{1}{16}$ della
» di lei larghezza.

» La terza forma finalmente, ad un solo piovente inclinato su di un fian-
» co, consiste in un piano pendente verso uno dei margini della strada. Questa
» forma di strade assai usitata in montagna, ha il piovente colla inclinazione
» di $\frac{1}{12}$ ad $\frac{1}{14}$ della larghezza.

» Vi sono dei casi in cui si usano delle forme miste della tre sovraindicate.

» I marciapiedi sono conformati comunemente a piano inclinato, ed hanno
» la pendenza di $\frac{1}{20}$ della loro larghezza.

» Gli scoli delle strade, quando questi non si disperdano naturalmente, per
» essere le strade elevate sovra terreno avente già scolo naturale, si ricevono in
» appositi colatori, larghi, ove non servano che a raccogliere i coli stradali,
» dalli metri 0,60 alli metri 1,50. A questi colatori si prepara a determinate
» distanze un sotterraneo scaricatore, prolungato fino a che trovi una naturale
» continuazione.

» Alle scarpe di sostegno alla strada, od a sovrastanti fondi laterali, si dà
» l' inclinazione dai 30 alli 45 gradi, secondo la maggiore, o minore scorre-
» volezza del terreno; e si rende possibilmente inalterabile la loro faccia ester-
» na rivestendola di zolle graminacee, o promovendone la vegetazione col se-
» minarle. Alle strade scorrenti lungo una pendice assai inclinata, ed a fianco
» di acque minacciose, si formano le scarpe sostenute da muraglie.

» Le strade montuose hanno per lo più una scarpa discendente e l' altra
» ascendente, e quindi riescono fra due muraglie, delle quali l' inferiore dicesi
» anche *muro di sostegno*, e la superiore *contromuro*.

» Oltre alle sopra indicate opere che dir si possono essenziali alle strade,
» ve ne sono delle accessorie tendenti alla sicurezza, alla comodità ed all' ab-
» bellimento delle medesime. Le principali di queste opere accessorie sono i
» paracarri, le barricate, i parapetti di muro, i muri di sostegno, gli acqui-

» dotti, i ponti, le gallerie, le case cantoniere, i casini dei *rotteri* o *vegheri* o
» sia degli *sgombratori di neve*, le paravallanche, le pietre migliarie, le colon-
» ne indicative, le fontane o gli abbeveratoi.

» I *paracarri*, le *barricate* ed i *parapetti di muro*, la cui struttura può va-
» riare in molte guise a seconda delle circostanze e del gusto dell'Architetto,
» stabiliscono una serie di ripari, coi quali vengono all'uopo muniti i fianchi
» delle strade per renderne l'uso scevro di pericoli reali ed apparenti.

» I paracarri, che fannosi di legno sagomato, o di pietra, ed alti fuori
» terra dalli centimetri 60 alli metri 1,20, hanno sovente anche il solo scopo
» di abbellire le strade, e renderei più sensibile il loro esatto allineamento.

» I muri di sostegno, detti anche *ispallature*, servono, come si è detto,
» per sostenere ove fa d'uopo i terreni sovrastanti alle strade ed ove non si
» potrebbe dar loro la scarpa se non con iscavazioni di maggiore dispendio dei
» muri stessi; ovvero si erigono per sostenere il terrapieno delle strade medesime,
» ove sono fiancheggiate da cavi, fiumi o torrenti, o dove non si può dare la
» conveniente scarpa alle ripe, o sponde. La loro costruzione va regolata sui
» principii generali della Statica.

» I ponti e gli edifici che si costruiscono lungo le strade regie, devono
» avere le loro larghezze, e vanno difesi da ripari laterali. Il piano superiore
» che copre gli acquidotti che attraversano le strade, è fatto possibilmente in
» modo che vi si possa soprapporre tutta la materia necessaria ad assodare la
» strada senza alterare il piano ordinario della stessa.

» Le *gallerie* sono fori praticabili dal carreggio nei monti di tanto pendio
» da rendere altrimenti inesegoibile un tramite stradale; esse poi hanno la lar-
» ghezza ed altezza necessarie per il cambio di due attiragli, e sono illuminate
» da aperture, o finestre laterali aperte pure nel monte a distanze più o meno
» grandi, non maggiori però di cinquanta metri. Il traforamento delle gallerie
» si comincia sempre dalle due estremità, e l'arte dirige i due tagli con tal
» precisione da riconoscerli poi guidati sotto un asse comune esattamente retto.

» Le *paravallanche*, dette anche *gallerie artificiali*, sono coperture stradali
» fatte altre in robuste volte di muratura, ed altre in semplici legnami, e col-
» locansi sopra quei tratti di strada troppo frequentemente soggetti a scorrimenti
» od accumulamenti di nevi, prodotti o dal disgelo, o dai nembi vorticosi del
» vento. La precauzione importante nel disegnarle sta nell'assegnare loro di-
» mensioni tali, che bastando al bisogno, meno risentano l'urto delle nevi scor-
» renti, e sieno esenti da filtrazioni, tanto dannose alla solidità dei muri.

» I *ricoveri*, o *casini*, detti pure *case cantoniere*, sono vere abitazioni per
» dimora dei custodi delle strade montuose, ma di particolar forma, voluta
» dalla loro situazione in luoghi annualmente dominati da alta neve. In questi
» ricoveri, collocati alla distanza di uno o due miglia, trova nell'inverno ri-
» storo anche il viaggiatore, per il quale vi è destinata una stanza calda, ed
» un vasto porticato chiuso per gli equipaggi.

» Rapporto alle gallerie, alle paravallanche, alle case cantoniere, ed ai
» casini dei rotteri o sgombratori di neve, si può vedere anche l'interessante
» opuscoletto edito dall' I. R. Stamperia in Milano, il cui titolo è: *Nuovo pas-*
» *saggio delle Alpi pel giogo di Stelvio*, che trovasi anche inserito nel tomo 45
» pag. 353 della Biblioteca Italiana.

» Le pietre *migliarie* che si piantano di tratto in tratto lungo le strade,
» servono a due oggetti, cioè, per segnali onde riferire le operazioni per le
» manutenzioni della strade, e per indicare ai viaggiatori lo spazio percorso, e
» quello che rimane a percorrere.

» Le *colonne indicatrici* consistono in colonne, o piedestalli che si erigono
» ai punti di diramazione di due o più strade, e sulle quali è scolpito il no-
» me della città, del comune, o delle terre, a cui sono dirette le medesime
» strade, essendovi altresì le opportune freccc, o segnali indicanti la direzione
» verso l'una, o l'altra città, comune, o terra, per non lasciar nell'incertezza
» il viandante. All'uscita poi dell'abitato di vari comuni, invece delle colonne
» indicatrici, si pratica di fare sulla parete di qualche caseggiato una iscri-
» zione portante il nome del primo paese a cui è diretta la strada che ha prin-
» cipio dalla nominata uscita.

» Le fontane e gli abbeveratoi, che si fanno per comodo ed ornamento
» delle grandi strade, possono avere numerose forme e svariatissime, a seconda
» della località, della spesa e del genio dell' Architetto a cui ne è commessa
» l'invenzione.

» Fatto così un breve cenno della forma degli essenziali membri di una
» strada, ed indicate rapidamente le principali opere accessorie eseguibili in-
» torno alle medesime, proseguendo innanzi nell'ordine assunto, passeremo a
» parlare della materiale struttura delle strade, o sia dell'impiego opportuno di
» materiali adattati a rendere stabile nelle sue forme, ed in tutte le sue parti
» la strada.

» Nelle province del Governo Lombardo le strade vengono sistemate in tre
» diverse maniere, cioè in ghiaia, in sabbia ed in selciatura.

» Siccome la ghiaia si rinviene facilmente e senza grave spesa quasi dap-
» pertutto, così le strade vengono generalmente sistemate e mantenute in ghiaia.
» In quelle località però, in cui il costo della ghiaia riesce ingente per la gran
» distanza delle cave, o dei fiumi ove essa può ritrovarsi, le strade vengono si-
» stemate e mantenute in sabbia. Finalmente in selciatura si costruiscono e si
» mantengono i tronchi di strada nell'interno de' paesi e delle città all'oggetto
» che si formi poco fango nella stagione piovosa, e poca polvere in tempo di
» siccità.

» Così pure in selciatura vengono costrutti e mantenuti tanto quei tronchi,
» sui quali evvi un frequente passaggio, come succede nelle città assai popolose,
» quanto quelle tratte di una forte ascesa, nelle quali le ghiaie si smoverebbero
» per forte pioggia a danno della solidità delle strade medesime.

» Egli è però da avvertire che in alcuni casi alle ghiaie si sostituiscono
» anche i sassi spaccati e ridotti a piccole schegge, e ciò succede specialmen-
» te in montagna, allorchè segnatamente per la formazione di qualche strada
» occorra di dover usare la mina per levare qualche grosso masso, o alcun
» tratto di roccia.

» I marciapiedi vengono sistemati con ghiaia naturale e con sabbia supe-
» riore, ma nelle strade interne di Milano, ed in qualche altra città, come si
» dirà in seguito, si formano con lastre di pietra viva, ed anticamente si fa-
» cevano anche di pietre cotte poste per coltello.

» Per costrurre il pavimento delle strade sistemate in ghiaia, si comincia
» primieramente dal formare il loro letto col levare la terra grassa, ove si tro-
» va, e col sostituirne della magra, e coll'escavare il terreno, ove fa d'uopo,
» per ottenere quel piano, o que' piani segnati dalle livellette stabilite nel pro-
» filo di livellazione. La superficie di tale letto adunque, segata trasversalmente
» con un piano verticale, o sia con un piano perpendicolare all'asse della stra-
» da, deve dare una linea retta orizzontale. Inoltre collo stesso letto si viene a
» formare un'incassatura fra i due marciapiedi in modo che la loro superficie
» superiore perfezionata resta al disopra del detto letto della strada, quanto
» importa l'altezza della ghiaia misurata sui fianchi della strada, o sia dove
» incominciano i marciapiedi. Ciò premesso, si passa a formare sullo stesso
» letto il pavimento colla ghiaia, il quale nelle strade regie e comunali di qual-
» che importanza è composto di due strati, uno di ghiaia naturale, e l'altro
» di ghiaia vagliata, o' sia passata al graticcio. L'altezza dei detti strati di ghiaia
» deve variare secondo le circostanze delle località, la frequenza delle strade,
» la stabilità del loro suolo, la qualità più o meno friabile della ghiaia, e l'espo-
» sizione più o meno favorevole della strada medesima.

» Nelle strade regie col fondo di mezzana consistenza, e piuttosto frequen-
» tate, l'altezza ragguagliata dello strato di ghiaia naturale si tiene comune-
» mente di metri 0,25, e quella dello strato di ghiaia vagliata di metri 0,15.
» Nelle strade comunali di qualche importanza, ove però in generale non suc-
» cedono passaggi di grosse bare, od altri simili mezzi di trasporto, l'altezza
» ragguagliata dello strato di ghiaia naturale si tiene comunemente dalli me-
» tri 0,12 alli metri 0,15, e quella dello strato di ghiaia vagliata dalli me-
» tri 0,08 alli metri, 0,10.

» Nelle strade comunali di poca importanza non si fa che una sola incro-
» statura di ghiaia naturale d'altezza ragguagliata di circa met. 0,15. Conviene
» però avvertire che quando nella formazione di qualche strada si fanno in al-
» cuni tratti degli abbassamenti in modo che la sede della strada va a riuscire
» su di un fondo sodissimo, si usa di prescrivere una sola coperta di ghiaia
» vagliata d'altezza ragguagliata di met. 0,10.

» I suddetti strati di ghiaia si fanno d'altezza diversa nel colmo, in modo
» anche che il pavimento perfezionato ottenga la forma che si è stabilito di da-

» re al medesimo. L'altezza dello strato di ghiaia naturale sui fianchi si tiene
» comunemente di 2/3 di quella del colmo, in guisa però che la superficie su-
» periore del pavimento al luogo dei marciapiedi raggiunga quella dei medesimi
» marciapiedi perfezionati, o sia che la differenza fra la prima delle altezze
» ne' fianchi de' medesimi strati costituisca lo stabilito colmo da darsi per la
» forma delle strade. Quando poi non vi è che uno strato di ghiaia naturale,
» dalla altezza del colmo sottratta quella dei fianchi deve risultare il colmo sta-
» bilito per la forma delle strade.

» Ciò che si disse del pavimento formato colla ghiaia, può applicarsi an-
» che a quello costrutto colle schegge di sassi spaccati.

» Rapporto alle strade sistemate in sabbia, si prepara il letto nel modo
» sopraindicato, indi si fa il pavimento con uno strato di sabbia d'altezza rag-
» guagliata ordinariamente nelle strade regie di metri 0,30, e nelle strade co-
» munali di metri 0,15 a metri 0,20, avvertendo che l'altezza del colmo e dei
» fianchi deve essere tale da ottenere con questo strato la stabilita forma del
» pavimento.

» Parlando delle strade sistemate in selciatura, oltre a quelle di cui fa parola
» il nostro autore (Sganzin) nella lezione XI, e che sono praticate tal quale nella
» Italia meridionale, e fra noi, colla sola differenza nella grossezza dei ciottoli,
» che mai non eccede li metri 0,15 per metri 0,08, usasi nell'interno delle no-
» stre città, e segnatamente in Milano, un altro genere di pavimentazioni, col
» quale credo opportuno di dar fine a quest' Appendice, e la cui descrizione
» non riescirà al certo discara, sì perchè menzionato con molta lode da pa-
» recchi scrittori anche d'oltremonti, sì perchè degno veramente della sua ri-
» nomanza, sia per la stabilità, sia per la comodità, sia per la bellezza, i
» quali pregi si debbono non tanto alle qualità dei materiali di cui la natura
» ne ha forniti i contorni, ed alla esattezza e diligenza di esecuzione, quanto
» al metodo particolare di costruzione.

» La forma del profilo di esse strade è generalmente quella di una culla
» colla concavità nel mezzo, oppure, quando l'ampiezza lo permette, di una
» doppia culla con colmo ad arco nel mezzo, e due ali laterali pendenti verso
» di esso. La loro superficie poi è distinta in tre parti che differiscono fra loro
» nel metodo di costruzione; e sono: 1.° I marciapiedi aderenti alle case, co-
» strutti in granito bianco del lago Maggiore; 2.° Le ali, ed in alcuni casi il
» colmo in selciato; 3.° I *trottatori*, o guide fra le ali, consistenti in due zone
» parallele del più duro granito di San Fedelino, che racchiudono una lista
» ancora di selciato conformata a cunetta.

» Preparato prima il terreno colle pendenze longitudinali e trasversali vo-
» lute dalle circostanze, lo si copre uniformemente in altezza di metri 0,12 con
» uno strato di ghiaia siliceo-calcarea, superiormente al quale, per la porzione
» che va occupata dal selciato e dai trottatori, si spande un altro strato di
» sabbia pura, in altezza di m. 0,06. Ciò fatto, procedesi alla costruzione dei

» marciapiedi stendendo sopra lo strato di ghiaia due letti in calce di mattoni » ben cotti, sopra dei quali si legano i pezzi di granito lavorati a squadra di» ligentemente nella faccia superiore, nei piani di combaciamento, e negli spi» goli; questi pezzi sono grossi metri 0,12, larghi circa metri 0,50, e lunghi » non meno di metri 1,20. Essi si dispongono colla loro maggiore dimensione » parallela all'asse della strada, a fasce uniformi, rotte e serrate di tratto in » tratto da pezzi trasversali che diconsi *chiavi*.

» Il selciato poi viene formato non a doppio strato, come vorrebbe il Ca» valieri §. 129 vol I delle sue Istituzioni di Architettura, o fu di fatti spe» rimentato senza successo in alcune contrade, ma con uno strato semplice di » ciottoli silicei e quarzosi de'vicini fiumi, uniformi il più possibilmente, di » figura ovoidale, dei diametri medi di metri 0,10 per metri 0,06 e disposti » con arte, o colla maggiore dimensione in direzione normale al profilo della » strada. Questo letto di ciottoli quindi si copre di sabbia, e si trucca e ri» trucca con mazzeranghe innaffiandolo di tratto in tratto, finchè se ne ottenga » il rimbalzo in modo di procurare un esatto e solido piano.

» Al tempo stesso proseguesi alla disposizione de' trottatori, fissandoli ad » una costante distanza di metri 0,70 fra di loro. Le dimensioni dei diversi » pezzi di granito che li compongono sono di metri 1,50 di lunghezza pel mi» nimo; metri 0,60 di larghezza, e metri 0,15 di altezza; sono bene spianati » ed affilati a squadra, e posano sullo strato di sabbia battuta per ogni parte » con palo di ferro, e stipato ben bene con abbondante quantità di schegge, » in modo che inferiormente non resti alcun vano, l'opera riesca della massi» ma solidità, ed il peso dei carichi non abbia a produrre una nocevole pres» sione eccentrica. Lo scopo de' trottatori si è quello di rendere più agevole e » piano il cammino ai ruotanti, diminuendone l'attrito, e di mitigarne l'assor» dante rumore. Mercè poi la qualità delle pietre, o la loro superficie lavorata » a punta grossa, per cui riesce artatamente scabra, è rarissimo il caso che » succedano rotture di attiragli, o cadute degli animali da tiro.

» La cunetta poi, racchiusa fra i trottatori, è formata in arco di cerchio » colla sua concavità rivolta verso il cielo, ed ha una intazzatura, o saetta di » metri 0,05; serve a riunire le acque pluviali, ed a convogliarle negli acqui» dotti (che sempre si costruiscono sotto il piano delle strade) per mezzo di » lastre sforate, disposte alla distanza fra loro di circa metri 10.

» Le inclinazioni trasversali di queste diverse parti sono stabilite, pel mar» ciapiede, di metri 0,03; pel selciato, di metri 0,04 per ogni metro di base; » e per le lastre di guida, di metri 0,013 verso il mezzo della cunetta.

» La dolcezza degli allineamenti delle lastre di guida assecondanti la irre» golarità dello contrade, la ricchezza dei marciapiedi larghi da uno a quattro » metri, i canali che raccolgono le acque dei tetti, e le immettono sotterra» neamente nell'acquidotto principale che ne scorre in mezzo, e la nettezza » con cui sono facilmente tenute, forma certamente di queste strade un mo-

» dello da imitarsi in tutti que' luoghi, in cui l'abbondanza e la prossimità
» delle pietre lo permette ».

Delle strade di ferro.

La costruzione di questa specie di strade è divenuta così generale nella maggior parte dell' Europa che merita parlarne più a lungo di quello che ha fatto l' autore nel principio del Libro IV. Però assumendo prima di tutto l' opera principale che tratta specialmente di questa materia, cioè il Tredgold, da cui desunse anche il Rondelet i cenni che porge su tale sistema, andremo esponendo più diffusamente i modi di costruire queste specie di strade, rischiarando lo scritto con disegni opportuni; aggiugneremo i miglioramenti avvenuti in seguito tolti dalle opere e dalle tavole dimostrative del Cordier, e termineremo coll' aggiugnere il nuovo sistema di strade di ferro inventato in questi ultimi tempi dal Palmer. Frattanto a rischiarare l' intelligenza di quanto ha detto il nostro Autore e di quanto aggiugneremo noi, ecco prima di tutto la spiegazione della Tavola E. La figura 1 dà l' idea di una strada di ferro. Vi si vede un doppio paio di rotaie della specie di quelle chiamate *rotaie strette*. Porzione d' uno dei ranghi è levata via per far vedere la disposizione interna. Le barre di ferro su cui devono volgere le ruote sono appoggiate a massi di pietra; la strada su cui camminano i cavalli è sistemata in ghiaia o in pietre infrante. La figura 2 rappresenta il profilo di una strada a rotaie strette di ferro fuso, le barre della quale sono sostenute da pezzi di pietra D, D; la figura 3 indica la pianta della strada colle commessure all' estremità nel punto ove s' incontrano sull' appoggio di ferro che le sostiene. La figura 4 è la seziono della barra in C, metà della lunghezza. La figura 5 è la sezione trasversale in B, passante per la unione, pel sostegno e pel masso di pietra che le serve d' appoggio. La figura 6 esprime la sezione trasversale delle barre o della strada su cui sono collocate, per andare alle cave di ardesia di Penrhyn. Le barre *a*, *a* hanno al di sopra un pezzo di ghisa a coda di rondine, fusa sovr' esse, e corrispondente ad un' incavatura nel sostegno pure di ghisa, che passa sotto la via dei cavalli *e*. La figura 7 indica la pianta d' una delle estremità del sostegno trasversale, e vi si vedono le incavature. La figura 8 esprime il profilo di una parte di strada a rotaie strette, costrutta in ferro da fucina. Le sue barre sono sostenute dai sostegni di ghisa A, A, A, fissati sopra massi di pietra D, D, D distanti tre piedi, cent. 91. La figura 9 indica la sezione trasversale in CB che è il mezzo dei massi. La figura 10 esprime la sezione trasversale d' una forma diversa, proposta già per le rotaie in ferro fuso. La figura 11 è il profilo di una strada di ferro a rotaie strette, grossa uniformemente, e che unisce la rigidezza alla forza. La figura 12 indica la sezione in *ab* che fa vedere la forma della sezione della barra ed il sostegno che la porta nel punto della commessura. La figura 13 è la sezione più in grande di una strada a rotaie strette,

per mostrare la disposizione nelle parti la quale dà il maggior grado di forza. Se il rettangolo *obcd* contiene la stessa quantità di materia, la forza della barra la cui sezione ha la forma ABCD sta alla forza della forma rettangolare come a 3/4 : 1. Il metodo ordinario che consiste nel riunire un volume maggiore di materia nella parte esposta alla tensione, non è mai stato adottato per le rotaie strette ; all' incontro è stato generalmente seguìto l' errore opposto. Le figure 14, 15 e 16 sono destinate a far vedere i vantaggi delle rotaie lunghe. La parte di rotaia CD, figura 15, è forte quasi il doppio della rotaia breve AB figura 14. La figura 16 fa vedere come conviene disporre i sostegni di una rotaia lunga per rendere le sue parti all'incirca di egual forza. La figura 17 indica la sezione trasversale d' una strada a rotaie piane mostrante la forma delle rotaie B, B e la maniera di fissarle ai massi di pietra nel mezzo con due chiodi piantati in pezzi di legno cacciati nei massi C, C. A è il sentiero che percorre il cavallo. Si dovrebbe curvare alquanto l' angolo interno formato dal rialzo acciò le ruote tendessero sempre ad allontanarsi da esso. La figura 18 fa vedere metà di una rotaia piana avente al disotto un rinforzo C per aumentare la sua resistenza. A è il rialzo e B il fondo della rotaia su cui girano le ruote. Le figure 19, 20 e 21 fanno vedere il metodo di M. Le Caan per fissare le rotaie piane. La figura 22 è la ruota per una strada a rotaie strette onde far vedere come si può calcolare la sua forza, e la figura 23 mostra la forma dei bordi di essa per le strade a rotaie strette quando si vuole che possano muoversi senza essere ritenute dall' attrito dei rialzi. La figura 24 mostra la maniera di disporre la materia per formare i raggi, acciò acquistino la maggior forza, senza che sieno più difficili da modellare.

Costruzione delle strade.

» Trattando della costruzione delle strade di ferro conviene dapprima esaminare la forza e la forma che si deve dare alle barre che le compongono e spiegar quindi la maniera di fissarle. Dopo aver parlato con questo metodo sulle strade a rotaie strette, spiegheremo la forma delle rotaie piane e diremo qual forza debbono avere principalmente nel loro impiego per un servigio precario; perchè non sono buone per le strade permanenti. La forza che abbiamo assegnato alle barre, è la più picciola che si debba dar loro; e per una strada su cui i trasporti sono considerevoli, la forza dovrebbe essere aumentata nella proporzione che noi indichiamo per questo caso. Per queste strade s' impiegano due specie di barre; barre in ferro da fucina e barre in ferro fuso. Non è probabile che il ferro da fucina possa durare al pari della ghisa quando è esposto all'azione dell' aria e dell' umidità da cui dev' essere continuamente investito sopra una strada di questa natura ; ma offre vantaggi importantissimi , che or faremo conoscere perchè questa spiegazione ha un rapporto diretto coll' esame della forza e delle proporzioni che convengono alle rotaie. Le barre in ferro fuso

sono più facili a rompersi di quelle in ferro da fucina, quand' anche provengano dalla migliore ghisa e più dura; e la forza che romperebbe una barra di ferro fuso non produrrebbe ad una barra di ferro da fucina che una permanente alterazione poco sensibile e che non interromperebbe il passaggio delle vetture sopra una strada di ferro. Alle barre di ferro battuto si può dare inoltre una lunghezza considerevole, mentre in quelle di ferro fuso non è d' ordinario che da 1 metro ad 1 1/2 di lunghezza; in guisa che la barra di ferro da fucina è più propria a legar bene assieme le parti d' una strada di ferro, e le unioni vi oppongono minori ostacoli alle vetture. Ma sieno le barre lunghe formate di ferro da fucina o di ferro fuso, è essenzialissimo che poggino sopra sostegni intermedi; e per la sola difficoltà di disporre questi sostegni in modo che le barre poggino egualmente sovr' essi non si possono impiegare le barre di ferro fuso di una lunghezza considerevole; perchè questo ferro piega sì poco prima di rompersi, che se uno dei sostegni si profondasse per una picciolissima quantità la barra rimarrebbe quasi di certo spezzata. Al contrario una barra di ferro da fucina non fa nello stesso caso che prendere una stabile curvatura. In una strada di fondo solidamente stabilito si avrebbe vantaggio nel mettere in opera barre di ghisa d' una maggiore lunghezza, ma per la ragione esposta non si potrebbe aver fiducia ne' sostegni intermedi. Le ragioni che debbono far preferire le barre più lunghe sono l' aumento di forza che si ottiene senz' aumentare la spesa della materia e il vantaggio d' aver meno commessure. La barra breve AB, figura 14, non è già così forte come la parte intermedia CD, figura 15, di una barra tre volte più lunga. Se gli estremi E, F della barra lunga fossero solidamente fissati, la parte di mezzo CD porterebbe circa un peso doppio di quello che potrebbe sostenere se si tagliasse lunga come CD, avendo il vantaggio della forza della barra in C e in D. Le parti EC, DF sono anch' esse molto più forti che se fossero divise in picciole barre. Però in questa disposizione la forza è ineguale, ma si potrebbe rendere quasi eguale dividendo tutta la lunghezza della barra in sette parti, e prendendone tre per la distanza dei sostegni intermedi, come nella figura 16; e se vi è qualunque numero di altri sostegni, basterà che gli spazi verso le estremità stieno agli spazi di mezzo come 2 : 3. Questa maniera di sostenere le barre lunghe di ferro da fucina le rende di forza quasi del tutto uniforme.

Barre di ferro fuso per le rotaie strette.

Circa le barre di ferro fuso dobbiamo considerare la loro forma, la larghezza della faccia superiore e la loro forza. La forma deve essere quella che dà la maggior forza impiegando minor materia. Ma nelle nostre ricerche su questa forma conviene che ci ricordiamo doverne scegliere una che permetta la minor possibile inflessione quando il carico si trova sul mezzo della parte di barra che non tocca gli appoggi; perchè è evidentissimo che questa in-

flessione deve fare l'effetto di una superficie ineguale, rendendo irregolare il movimento delle vetture ed aumentando le spese di trasporto. Essendo uniforme la larghezza, il perimetro della grossezza dev'essere quello di una semi-ellissi in guisa che la barra abbia la stessa forza in tutti i punti per resistere al carico che ruota su d'essa. Ma in un *Saggio sulla forza del ferro fuso* abbiamo fatto vedere che adottando la figura di eguale resistenza si ha un aumento di curvatura nel rapporto di 9 a 7; e siccome la quantità di materia che si può risparmiare non è punto considerevole quando la sezione trasversale della barra è della forma più conveniente, è più utile adoperar barre di grossezza uniforme.

Per determinare la forma della sezione trasversale di una rotaia di ferro conviene conoscere quale larghezza avrà il piano su cui devono scorrere le ruote. Questa larghezza deve evidentemente essere proporzionale al carico che peserà sopra una ruota quando esse abbiano il diametro eguale. Ma più sarà grande il diametro di una ruota, maggiore sarà la superficie in contatto, e per conseguenza le grandi ruote esigono minor larghezza delle piccole. Se non si vuole aver riguardo al diametro delle ruote, basterà nella pratica regolare la larghezza delle rotaie sullo sforzo a cui debbono resistere.

Nelle vicinanze di Newcastle abbiamo osservato che la larghezza superiore del piano nelle barre di ferro fuso è 2 pollici (millimetri 50,7) e che lo sforzo su ciascuna ruota è una tonnellata, il che dà questa proporzione 1 ton. : 2 pol. : : W peso sopra una ruota : 2W. Cioè che la larghezza in pollici dev'esser doppia del numero delle tonnellate che pesano sopra una ruota, o che si deve dare alla rotaia un mezzo pollice di larghezza ogni tonnellata di carico sopra una ruota. La larghezza media non deve punto essere minore della metà della larghezza del piano superiore e la minor larghezza non deve essere al di sotto della metà della larghezza media, o di un quarto della larghezza del piano superiore, e in nessun caso dev'essere minore di mezzo pollice (13 millimetri). Stabilite queste proporzioni, la quantità di materia può essere disposta in modo da darle il maggior grado di forza, diminuendo la larghezza verso il mezzo della grossezza, ed aumentandola verso i piani superiore ed inferiore, ove serve meglio a resistere alla pressione laterale. Vedasi questa forma nella figura 13. Adottando questa proporzione, si rende facilissimo il calcolo della forza delle rotaie come anche quello del loro peso. La distanza fra le ruote d'una vettura che poggia sulla stessa rotaia dev'esser tale che la parte di rotaia non sostenuta non abbia mai a portare che una sola ruota ad un tempo; e per guarentirsi da ogni aumento di sforzo sopra una rotaia inclinata, contro gli accidenti, i difetti della ghisa o di qualunque altra cosa, le barre debbon'essere forti abbastanza per poter sostenere il doppio del peso che si è supposto dover essere sopra ciascuna ruota, e ciò indipendentemente dal vantaggio che otterrassi disponendo la sezione trasversale nel modo più favorevole alla forza. Lo spessore della rotaia si troverà moltiplicando la distanza fra i sostegni, espres-

ss in piedi, per 5,27; la radice quadrata del prodotto sarà lo spessore in pollici. Sia W il peso di una ruota espresso in tonnellate di libbre 2240 (1018 chilogrammi), l la distanza fra i sostegni, in piedi inglesi; allora si ha

$\frac{2240\,Wl}{850} = bd^2$ per le barre di ghisa, ovvero $5,27\,Wl = bd^2$, supponendo lo sforzo sopra una ruota doppio dello sforzo reale calcolato, onde guarentirsi da tutti gli accidenti. Ma si è detto che la larghezza media doveva essere valutata la metà di quella del piano superiore; per conseguenza quando $W = 1$ tonnellata, $b = 1$ pollice, e per qualunque altro carico, la larghezza è nella stessa proporzione; dunque $5,27\,l = d^2$; d'onde $\sqrt{5,27\,l} = d$. — *Esempio*. Se la distanza fra i sostegni è 3 piedi, allora $5,27 \times 3 = 15,81$, la cui radice quadrata è alquanto meno di 4 pollici; così puossi prendere 4 pollici (10 centimetri) per la grossezza: o se il carico è di una tonnellata su ciascuna ruota, la larghezza del piano superiore sarà 2 pollici, la larghezza media 1 pollice e quella nel mezzo dello spessore 1/2 pollice. — L'area della sezione della barra è eguale allo spessore moltiplicato per la larghezza media; essa è perciò 4 pollici quadrati, e il peso della barra o rotaia lunga 3 piedi, è $4 \times 3 \times 3,2 = 38,4$ libbre (17,5 chilogrammi circa). Infatti il peso specifico della ghisa è 7,207; un piede cubico inglese di questa materia pesa 450,4 libbre, il che dà poco più di 3,1 libbre pel peso di un piede di lunghezza sopra un pollice in quadratura. In questo luogo tal peso è supposto 3,2. — Nelle strade di ferro di una grande importanza per l'estensione del commercio di cui sono il veicolo, le larghezze devon'essere aumentate di un terzo circa. La ragione si è che calcolando l'altezza da cui basterebbe che una ruota cadesse per far rompere una rotaia della forza di quella del precedente esempio, si deve credere che una ruota caricata del peso di una tonnellata la quale cadesse sopra un ostacolo la cui elevazione sopra la rotaia non fosse che un po' meno di 1/4 di pollice (6 millimetri) ne produrrebbe la rottura. Le barre che sono più lunghe resistono meglio che le brevi alla percussione. Una barra di doppia lunghezza resisterebbe alla caduta di una ruota dall'altezza di 3/8 di pollice.

Rotaie di ferro da fucina.

Il ferro da fucina non si è peranco impiegato che per le rotaie strette, e noi abbiamo già fatto rimarcare ch'esse hanno il vantaggio di legare le parti della strada e di aggiugner forza alle barre stesse. Ma si è osservato da Chapman che i pesi considerevoli che aggravano le ruote stendono le laminette di cui si compongono le superficie superiori delle rotaie, e fanno sì che col tempo esse si staccano a scaglie. Quest'inconveniente è gravissimo, e risulta da due circostanze che separatamente non avrebbero che pochissima influenza. In primo luogo tutte le rotaie in ferro da fucina sono troppo leggiere. Si è trovato che un eccesso di carico non le fa rompere, ma che ne risulta soltanto

una curvatura permanente proporzionata al grado di debolezza di esse; in guisa che le fibre del piano superiore perdono la elasticità e l'energia. Può essere che ciò solo non forzerebbe la superficie a sfogliarsi, quando il modo onde sono fabbricate tali barre non fosse ad esse pernicioso. Si fanno col passarle fra cilindri; e siccome la sezione trasversale delle rotaie è irregolare, e la forma naturale delle barre passate pei cilindri è una curva, così conviene raddrizzarle per distruggere tale struttura. Facendo consistere la sezione trasversale d'una barra in parti eguali e similmente disposte (una rotaia siffatta è la più forte sotto la stessa quantità di materia), si tira coi cilindri una barra diritta senz'alterare i suoi piani esterni; ed una barra di spessore uniforme essendo meno flessibile di una che fu diminuita verso i punti d'appoggio, dev'essere molto più facile a fabbricare le rotaie di ferro malleabile di quello che si è finora creduto. — Le rotaie in ferro da fucina essendo dolci del pari, per non dir più dolci di quello di ghisa, è evidente ch'esse devono avere una larghezza almeno eguale alla loro superficie superiore; noi crediamo pure ch'esse dovrebbero essere più larghe: ma supponendo che la stessa larghezza possa convenire nei casi ordinari, ecco quali debbono essere all'incirca le proporzioni di queste rotaie: 1 pollice inglese, (25,4 millimetri) di larghezza nel piano superiore per ogni 1/2 tonnellata di carico aggravante ciascuna ruota, e per larghezza media 3/8 di quella del piano superiore. Se la forza per le rotaie è calcolata in modo che possano sopportare la pressione reale sopra una ruota senza depressione permanente quando sono di media larghezza, la forza addizionale che si guadagnerà colla disposizione della sezione trasversale nella forma più forte, terrà luogo di una maggior quantità di materia, specialmente se si ha il vantaggio di impiegare barre alquanto più lunghe; bisogna eccettuarne i piani inclinati, de' quali le rotaie debbono essere più forti nella proporzione dell'aumento di pressione che vi si esercita. Si avrà la forza corrispondente ad 1 tonnellata di carico sopra una ruota, moltiplicando la distanza fra i sostegni, valutata in piedi inglesi, per 3,2. La radice quadrata del prodotto sarà lo spessore in pollici. Per qualunque altro carico, si farà la larghezza proporzionale alla pressione e lo spessora rimarrà lo stesso. Sia w il peso sopra una ruota espresso in tonnellate, l la lunghezza da un sostegno all'altro, valutata in piedi, b la larghezza e d lo spessore in pollici: si ha pel ferro da fucina,

$\frac{2240\, lw}{952} = bd^2$, oppure $2,36\, wl = bd^2$; e quando $W = 1$ tonnellata, secondo la proposizione qui sopra stabilita, si avrà $b = 3/4$ e per conseguenza $\sqrt{3,2l} = d$. — Se la distanza fra i sostegni è 3 piedi, allora $\sqrt{3,2 \times 3} = \sqrt{9,6} = 3\ 1/8$ di pollice (79 millimetri) all'incirca; la larghezza al piano superiore, sarà di 2 pollici (50,8 millimetri) e la larghezza media 3/4 di pollice (19 millimetri). Il peso di una barra di ferro da fucina lunga un piede e con un pollice in quadratura, essendo 3,4 libbre, l'area della

sezione in pollici moltiplicata per la lunghezza in piedi e per 3,4, darà il peso in libbre. — Le rotaie in ferro da fucina non sono state sperimentate che imperfettamente. Temiamo che si trovino di poca durata perchè sappiamo che il ferro da fucina, esposto com'è agli effetti dell'umidità, si distrugge assai rapidamente. Se convenisse rinnovare del tutto una strada di ferro da fucina ogni quindici o sedici anni, le spese che produrrebbe supererebbero i vantaggi. Abbiamo raccolto molti documenti sulla durata probabile di queste strade, ed anche molte opinioni, ma neppure un sol fatto che meriti di essere citato. Certamente la decomposizione del ferro si opera lentamente, ma essa è continua e costante, e prima d'impiegare questa materia alla composizione d'una strada di 40 in 50 miglia converrebbe esser bene assicurati del tempo che può durare. Non si può mettere in dubbio la superiorità del ferro da fucina per le strade quando si vuole che la velocità delle vetture sia maggiore di 3 miglia ogni ora, quando sia provato che la sua durata è lunga abbastanza per non renderne troppo dispendioso l'impiego; perchè una rotaia che fosse infranta produrrebbe con assai probabilità qualche serio accidente ad una vettura che cammina con rapidità; e in una strada a rotaie di ghisa, queste debbono essere di grandissima forza acciò non sieno esposte a simili accidenti.

Onde prevenire lo spostamento di una rotaia spezzata, si potrebbe stabilire nel luogo ove è più temibile quest'accidente un pavimento sotto la strada di ferro, ed appoggiare la rotaia con un rivestimento a destra ed a manca. In tutti i casi ove la strada di ferro attraversa un'altra strada dovrebbe essere impiegato questo mezzo. La maniera di preparare la strada per ricevere le rotaie di ferro deve dipendere dalla natura del suolo. Se esso è solido, basterà levarne la superficie, e formare la strada dandole l'inclinazione o il livello conveniente; e in ogni luogo ove i sostegni non saranno distanti più di 3 o 4 piedi (9 in 12 decimetri), si farà un fosso di 2 piedi circa (6 decimetri) di larghezza, o 10 pollici (2,5 decimetri) di profondità sotto ciascun rango di rotaie, con scoli in pietra sui lati, più infossati e situati a distanza conveniente gli uni dagli altri, onde tener sempre sana la strada, dovendo avere gli scoli in pietra una inclinazione nella direzione la più favorevole per trascinare le acque pluviali o sorgive che potrebbero trovarsi nel terreno. — Gli scavi sotto le rotaie debbono essere riempiti di ciottoli infranti o mancando la pietra, di buona ghiaia; e si dovrà sempre preferire a quest'uso la pietra più dura allorchè se ne potrà avere.

Fatto tutto ciò come si deve sarà utile far passare un cilindro pesantissimo sopra la strada prima di collocarvi i massi di pietra che debbono essere gli appoggi delle rotaie. Questi massi devono avere una base di circa 16 pollici (4 decimetri) quadrati, ma dev'essere più larga quando il carico sopra ciascuna ruota sia più di una tonnellata. Lo spessore di essi dev'essere almeno la metà della base. Si batte colla mazzeranga il sito ove devesi posare il masso onde renderlo ben fermo, e vi si mette poi uno strato di ghiaia fina o di sab-

bia grossa, ma senza impiegare più sabbia che non occorre perchè ciascun masso appoggi solidamente ed egualmente. Siccome la bontà della strada dipende molto dalla maniera onde sono piantati i massi e dal grado di precisione con cui sono disposti, questa parte della costruzione dev' essere sorvegliata con moltissima cura. Fissate le traverse di ferro e le rotaie sui massi, si forma il sentiero su cui devono camminare i cavalli e gli altri sentieri laterali colle materie che fornisce il paese; ma fa d' uopo renderle solide quant' è possibile o ferme mentre ciò contribuisce molto alla solidità dei massi e delle rotaie. — Nei terreni dolci gli scavi devono essere più larghi e più profondi e si riempiono con letti di pietra infranta, ciascuno de' quali sia di 7 in 8 pollici (18 in 20 centimetri) di grossezza, ed essere battuto per accrescerne la solidità. Le stesse precauzioni sono necessarie dovunque si trova argilla, terra su cui il secco e l' umido hanno la maggiore influenza. — Se s' impiegano rotaie più lunghe (o si danno casi in cui la difficoltà di trovare un suolo ben sano può rendere questo mezzo convenientissimo) il meglio che si può fare è quello di elevare dei muri a traverso della strada a convenienti distanze perchè possano servir di sostegni alle rotaie. Frattanto è evidente che se un appoggio qualunque è incapace di sostenere senza pericolo la metà del peso di un carro, è insufficiente per l' oggetto a cui è destinato: per conseguenza, qualunque sia il numero dei sostegni è necessario che abbiano tutti la stessa forza come se fossero alla massima distanza fra loro. Esiste dunque una lunghezza di rotaie che è la più economica, perocchè la lunghezza diviene troppo dispendiosa se oltrepassa una certa lunghezza, ovvero i sostegni divengono troppo dispendiosi se la rotaia è più breve. Conoscendo ciò che costa un sostegno è facile calcolare la più conveniente lunghezza delle rotaie. Noi qui daremo la regola desunta dall' equazione che demmo in altr' opera, e la rischiareremo con un esempio.

Regola per trovare la lunghezza più economico per le rotaie delle strade di ferro.

Dev' essere conosciuto il prezzo della tonnellata di ferro trasportato sul luogo, come quello dei massi, delle traverse di ferro e della mano d' opera per collocare il sostegno. Supposti questi dati, si divida il prezzo in lire sterline della tonnellata di ferro pel prezzo di un sostegno; si elevi il quoziente al quadrato e si moltiplichi questo quadrato per la lunghezza della rotaia in pollici, e moltiplicato questo prodotto per la ventesima parte del peso in libbre del carro caricato, si estragga la radice cubica dell' ultimo prodotto. Finalmente si divida 700 per la radice cubica trovata, e il quoziente sarà la distanza in piedi fra i sostegni. — *Esempio.* Supponiamo che il prezzo di una tonnellata di ferro fuso in rotaie trasportata sul luogo sia 14 lire sterline, e che le spese per un sostegno tra materiali e mano d' opera sia 0,2 lire sterline; che la larghezza del piano superiore della rotaia sia 2 pollici ed il peso di un carro caricato sia 9000

libbre. Allora $\frac{14}{0,2} = 70$, il cui quadrato è 4900. Ora $4900 \times 2 \times \frac{9000}{20} =$ $= 4,410,000$. La radice cubica di 4,410,000 è 164; e $\frac{700}{164} = 4\ 1/4$ piedi assai prossimamente. Perciò sotto tali condizioni le rotaie di ghisa di 4 piedi e 3 pollici (13 decimetri) sarebbero le più economiche su questa strada di ferro. Ma se in conseguenza della natura del terreno o di altre cause, i sostegni costassero 8 scellini oppure 0,4 lire sterline; allora si troverebbe, rinnovando il calcolo, che la più economica lunghezza per le rotaie sarebbe piedi 6 3/4 (19 decimetri). — Il prezzo del ferro, il peso del carro caricato, e la larghezza della rotaia debbono anche influire sulla distanza fra i sostegni e quindi sul prezzo della strada. — Si dovranno avere tutte le possibili precauzioni acciò la strada di ferro resti ascintta tanto col praticare gli scoli convenienti, tanto col fare che si trovi liberamente esposta al sole ed all'aria, quanto coll'impiegare materiali che non assorbano nè ritengano l'acqua; e circa ai materiali, le strade di ferro che servono alle miniere offrono vantaggi tali che non si troverebbero facilmente in altri luoghi. Quando s'impiegano rotaie di ferro da fucina giova circondarle con uno strato di cenere, di carbone fossile o di legno, di scorie ecc., ed evitare di metterle in contatto coll'argilla, colla marna, colla pietra da calce porosa o colle pietre argillose. Ne' luoghi ove si sono fatti scavi profondi, la strada si trova quasi sempre priva di sole, e quindi esige maggior cura nello scolare le acque. Gli argini di terra riportata dovrebbero avere di distanza in distanza certi scoli verticali, di pietre infrante o d'altra materia non serrata, tanto per distribuire l'umidità nella massa onde prenda più rapidamente il suo assettamento, quanto per impedire che ritenga più acqua che non conviene. Se i materiali sono di una specie che ritiene l'acqua conviene stabilire gli scoli verso la base onde impedire che si accumuli; e dovunque è necessario fare riporti di terra, le rotaie debbono essere collocate soltanto provvisoriamente per fissarle stabili quando il terreno si sarà assettato ed avrà preso un grado permanente di solidità. Quando una strada di ferro forma nel suo andamento una curva considerevole, le rotaie della curva esteriore dovrebbero avere una leggiera elevazione nel mezzo della curva, e le rotaie dovrebbero essere più forti lateralmente sulle due linee. L'effetto di questa leggiera elevazione nel mezzo della curva sarebbe quello di moderare la tendenza della vettura ad avanzarsi in linea retta senza strisciare con tanta forza contro il rialzo della rotaia, come abbiamo veduto accadere ne' luoghi ove la strada prendeva una curvatura considerevole. È d'uopo quant'è possibile dirigere queste strade in linea retta; ma quando per una vista qualunque si fanno seguire una curva, le rotaie devon' essere fuse a bella posta o foggiate in una forma conveniente; perocchè è impossibile unire rotaie rette senza che formino angoli i quali hanno il doppio inconveniente di produrre un movimento irregolare e d'aumentar molto la pressione laterale sulle rotaie. — Per calcolare la forza delle rotaie piane,

si possono considerare come un rettangolo; o la forza essendo in tal modo trovato, si disporrà la materia dando alla sezione la figura della maggior resistenza: ecco la regola per tale specie di rotaie. — Si moltiplichi il triplo della lunghezza in piedi per lo sforzo sopra una ruota in tonnellate, e si divida il prodotto per la larghezza in pollici; la radice quadrata del quoziente sarà lo spessore in pollici della rotaia, supponendo ch'essa formi un piano di grossezza uniforme. Se questa quantità di materia è disposta nella forma indicata dalla figura 18, sarà a bastanza forte per tale oggetto. — *Esempio*. Se la rotaia piana deve aver 4 pollici (10 centimetri) di larghezza, 3 piedi (91 centimetri) di lunghezza, e lo sforzo sopra una ruota sia 3/4 di tonnellata; in tal caso si avrà $\frac{3 \times 3 \times 3/4}{4} = 1,69$, e la radice quadrata di 1,69 = 1,3. Così una forma di 4 pollici di larghezza, 3 piedi di lunghezza e 1,3 pollici di spessore, disposta come si vede nella figura 18 sarà forte a sufficienza per la nostra supposizione. Una simile rotaia peserà circa 50 libbre (22,7 chilogrammi). — Si sono fatte delle rotaie molto più deboli, ma ne è risultato che hanno mancato allo scopo e che le strade non sono mai state in buon essere. Se quelle che noi consigliamo fossero fatte uniformemente, esse avrebbero appunto la forza bastante a ciò che il peso non vi potesse produrre alterazione permanente; ma disponendo la seziono nella forma della figura 18, la loro forza sarebbe quasi raddoppiata.

La figura 1 Tavola F, rappresenta la pianta e l' alzata di una strada di ferro con una delle rotaie dentate per carri a vapore. La figura 2 indica una delle barre dentate espressa in pianta ed in alzata colle dimensioni comuni secondo il Cordier. La figura 3 indica nella parte superiore il modo onde si fissano ai sostegni le barre dentate; la figura 4 ne indica la seziono secondo la linea EF, e la parte inferiore della figura 3 indica l' alzata della parte sovrapposta; la figura 5 indica in grande il modo di fissare le rotaie della linea opposta e qui pure la parte inferiore della figura ne esprime l'alzata; la figura 6 indica la sezione della barra dentata secondo la linea CD, figura 2, cioè una sua estremità; la figura 7 esprime la sezione della stessa barra secondo la AB, figura 2; la figura 8 esprime la stessa seziono figura 7 con sopra una parte di ruota dentata, e quest' ultima rappresentasi in grande nella figura 10. La figura 9 poi rappresenta la posizione di una ruota comune sopra una rotaia. La figura 1, Tavola G, esprime la pianta di una strada a rotaie che ne incontra un'altra, col meccanismo onde le barre si uniscono: questo modo unitamente agli altri espressi nelle piante figure 2 e 3 sono totalmente diversi da quelli che finora abbiamo veduto; e la figura *f* Tavola F, esprime in grande colle cifre delle sue dimensioni la barra della strada figura 2 Tavola G, e la figura *g* ne indica il profilo. Del pari la figura *a* Tavola F, indica in grande colle sue dimensioni la barra della strada figura 1 Tavola G, di cui le figure *b* e *c* esprimono le sezioni longitudinali secondo la linea HG, una dalla parte del rialzo e

l'altra dalla parte opposta. La figura *h* tavola F è pure il dettaglio in grande di una commessione di barre secondo il modo indicato dalla pianta figura 3, tavola G; la figura *i* tavola F ne indica la sezione secondo la linea CD, e la figura *k* la sezione secondo la FE. — Dopo tutto ciò che si è detto sulle strade di ferro crediamo sufficienti i disegni e i dettagli offerti nelle tavole F e G per dare un'idea completa delle varie maniere di comporre le barre, di unirlo e di fissarle ai sostegni. Ora per compiere tale materia esporremo un nuovo e singolare sistema di strade di ferro del Palmer quale troviamo descritto nelle memorie del Cordier.

Descrizione di un nuovo sistema di strade di ferro.

Il principale problema da risolvere nello scegliere e nell'eseguire le comunicazioni è quello di trasportar un peso dato da un punto ad un altro colla minor spesa possibile. — Le spese di trasporto si compongono del valore delle strade, di quello delle riparazioni, di quello della forza per vincere la resistenza conducendo il peso, e della spesa necessaria per caricare e scaricare. In certi casi la velocità è una condizione necessaria; in tutti è indispensabile il prevenire le interruzioni prodotte dall'influenza del tempo o delle imperfezioni del sistema delle strade e della carreggiatura. — Da ciò che precede puossi di già presentire che il nostro primo principio è piuttosto quello di evitare gli ostacoli che di cercare i mezzi di superarli. Perciò si deve, quant'è possibile, tracciare le strade in linea retta e diminuire in esse il numero delle parti. — È necessario inoltre che le superficie in contatto sieno dure, unite, elevate al disopra del suolo e guarentite dal fango; che le barre sieno solidamente stabilite, fissate invariabilmente e che facilmente possano essere riparate. — Siccome una strada di ferro attraversa d'ordinario altre strade, è essenziale che sia disposta in tal modo che la possa passare senza difficoltà, o caricare e scaricare agevolmente le merci onde spedirle senza perdita di tempo per altre direzioni. — La condizione di mantenere la superficie delle barre di ferro rigida ed unita, esige che sieno esse elevate sopra il suolo, e che la terra, il fango e la neve non possano giugnervi o rimanervi. Bisogna pure che queste barre sieno stabilite colla massima cura e solidità. — Avendo riconosciuto che le barre in tal modo collocate produrrebbero una spesa troppo grande ed aumenterebbero di troppo il costo de' trasporti, se fossero doppie come d'ordinario si usa, ho cercato di stabilire un sistema di strada e di carreggiatura il quale permetta d'impiegare una sola linea di barre, ed offra al tempo stesso la maggior guarentia di solidità nel movimento. La mia linea essendo in generale elevata 2 piedi 1/2 sopra il suolo, trovandosi alla portata della mano adempie tutte le chieste condizioni, o i carichi non possono squilibrarsi o cadere. — Tutta la difficoltà del sistema consiste nel mantenere solidamente la superficie alla fissata altezza. Io ho sperimentato i sostegni di forme e di sostanze diverse; ma i piloni di ghisa m'hanno sembrato in ogni

modo preferibili, a causa della durata loro e della facilità di fissarli solidamente. È però evidente che se gl' impiegassi come si fa d' ordinario non otterrei che una sufficiente stabilità; ma sapendo qual peso enorme può sostenere un pilone bene stabilito ho cercato i mezzi di fissarli in un modo invariabile. — È noto per esperienza che i pali piantati a picciolissime distanze sono meno solidi che quando sono più allontanati, e i molto grossi in confronto dei più piccioli non hanno forza e stabilità in proporzione, perciocchè lo spazio occupato o il terreno spostato da un gran numero di pali avvicinati, o da pali grossissimi, superando la compressibilità della terra, le molecole del suolo si separano, si alzano o perdono la loro aderenza. Per ottenere adunque la maggiore solidità nei pali, convien calcolarne la distanza o la grossezza in modo che la parte spostata sia eguale alla maggior possibile compressione del terreno. In tal caso un palo può resistere ad una pressione verticale molto più forte che non quando è piantato coi metodi ordinari; la principale precauzione da prendersi è quella di fissarli in una posizione esattamente verticale. Essendo bastanti le sue dimensioni per portare il carico voluto, si può profondarlo enormemente o controspingerlo con speroni. Ma siccome i pali di ghisa sembrano i più convenienti (benchè in certe località si possano impiegare pile di legno o di ferro), io ho stabilito un metodo di fondazione che mi è riuscito nei casi più difficili e sfavorevoli. — Le figure 4 e 5 Tavola G mostrano la forma di un pilone la cui sezione orizzontale è una croce, cioè quattro coste ad angolo retto. A è uno sporto al livello del suolo; le parti inferiori sono addentellate onde meglio collegarsi colle materie che riempiono il foro. La metà del palo è in terra e l' altra metà sporgente; ciascuna parte è 2 piedi e 1/2 circa e il tutto 5 piedi. Si fa dapprima un foro circolare e si lascia cadere in esso una berta conica a più riprese come si usa nel battere le palafitte: si ripete quest' operazione finchè il terreno sia convenientemente compresso sui fianchi e nel fondo. Si riempie il fondo con scaglie di pietre dure ed angolari, fino all' altezza a cui deve poggiare la base del palo: questo si posa, e si circonda il vuoto con strati di pietre infrante che sono successivamente battute dalla berta. La figura 4 indica le dimensioni e la forma del foro e la disposizione delle pietre. Il palo essendo trattenuto col mezzo degli addentellati e delle membrature che appoggiano sopra una gran superficie di pietre fortemente battute, non potrebbe provare che un abbassamento verticale; ma la pressione che ha subito il suolo nel lavorarlo essendo senza confronto più forte assai che il peso che dovrà sostenere il pilone, e siccome la superficie delle bande è supposta unita e netta, l' azione delle materie trasportate non avrà effetto maggiore di quello di un peso simile morto, posato su questa banda. — Si fissa nello stesso modo una serie di piloni di ferro, (nei paesi ov' esso è caro o la pietra abbonda si possono costruire in pietra o in murazione, ottenendo gli stessi risultamenti) ad una distanza orizzontale di circa 10 piedi; la loro altezza è variabile secondo le ondulazioni del terreno; dovendo le loro estremità superiori trovarsi nella fissata superficie della

linea della strada. Queste disposizioni fanno risparmiare, come si vedrà più innanzi i movimenti di terra, gli acquedotti, i ponti ed altre opere dispendiosissime Sulla testa fessa di questi piloni si mettono due cunei di ferro in senso contrario, e sovr'essi le barre di ferro o di legno, la superficie delle quali forma la via o il passaggio delle ruote. Questi cunei battuti in senso contrario fanno serrare le bande contro i chiovi e impediscono che vacillino. — Il carro si compone di due ruote fissate invariabilmente assieme, una innanzi all'altra; la barra che lo unisce porta due casse poste simmetricamente una a destra e l'altra a sinistra, nelle quali si depongono le merci. — Essendo inflessibili i pezzi onde si compone il sistema del carro, la verticale del centro di gravità passa sempre sopra le barre quantunque le casse abbiano un carico diseguale. Chi non conosce la geometria può temere che l'equilibrio sia rotto per tale ineguaglianza di punti, e spaventarsi in vedendo una specie di ondeggiamento; ma l'effetto è totalmente eguale a quello che ha luogo in un naviglio allorchè è caricato più da una parte che da un'altra; esso s'inclina e resta in tale posizione. Quantunque sia più utile in generale distribuire egualmente il carico, è però senza inconvenienti il caso contrario. — Stabilita in tal modo la superficie della strada non manca altro, per eseguire i trasporti, che una via per l'attiraglio; per ciò si dispone sopra un lato dei piloni un picciolo sentiere, cui calca un cavallo tirando i carri sulla barra col mezzo di una corda. Siccome il cavallo si troverebbe sovente al di sotto della barra ed agirebbe sotto un angolo acutissimo, si devono impiegar corde lunghe, coll'aiuto delle quali il tiro è più regolare, variando allora molto meno l'angolo della forza. — Le disposizioni di questo sistema offrono la facilità di stabilire con poca spesa una superficie unita e solida in quelle località ove sarebbe impossibile, senza enormi spese, il costruire strade di ferro secondo i metodi usitati. La superficie del mio sistema non è esposta come si è detto ad essere ricoperta da corpi stranieri; è molto più solida, più facile ad essere riparata e le spese di costruzione e di manutenzione sono molto minori di quelle delle strade di ferro che esistono. La neve e la polvere sono facilmente levate da una scopa che precede la prima vettura e che pulisce la banda. — Le casse che portano il peso si staccano con facilità; si possono porre sopra altre vetture o sopra battelli senza scaricare e ricaricare le merci, o continuare i trasporti per altra comunicazione senza molto ritardo. — I carichi essendo sospesi e ruotando sopra superficie assai liscie, le materie trasportate non sono punto rotte od alterate, e si potrebber anche caricare vasi pieni d'acqua ed aperti all'alto senza spanderla. — Una tale carreggiatura si può stabilire sopra le rive delle strade non occupando che una debolissima parte ed inutile della larghezza; la superficie non è esposta come quella delle altre bande di ferro ad essere ricoperte di polvere o di fango. Si possono anche costruire sulle rive irregolari ed informi dei grandi fiumi ove il numero di acquedotti o di ponti da costruire renderebbe ineseguibile ogni altra specie di strade di ferro. — Il mio sistema è anche superiore agli altri per la

diminuzione dell'attrito o per l'accrescimento dell'effetto utile prodotto, come lo indica la tavola, o per la diminuzione della spesa; si possono ottenere più presto ed a più basso prezzo le linee rette ed una più conveniente inclinazione; occorre minor terreno; e la superficie non essendo alterata da trasporti di terra, i proprietari si oppongono meno. Il movimento dei carri può essere impresso tanto da una vettura a vapore come da una macchina fissa; i trasporti si fanno più sicuramente, più presto e con minor spesa. — Fatte conoscere le disposizioni generali del sistema e i suoi vantaggi, darò i dettagli della costruzione e le applicazioni nei vari casi particolari che possono presentarsi.

La figura 4, Tavola G, è una sezione trasversale della strada e del carro; la figura 5 ne è l'alzata, e la figura 6 la pianta. In queste figure le stesse cifre si riferiscono alle stesse parti. A è un pilone verticale, *a*, *a* mostrano i cunei su cui poggiano le bande B. Le bande indicate nel disegno sono di legno e fatte con due tavole di abete unite assieme, grosse tre pollici, posate in coltello da un pilone all'altro. La superficie superiore è ricoperta da una banda di ghisa, o banda propriamente detta. Quando la strada ha servito un certo tempo e i piloni si sono assettati, le bande di ferro sono attaccate ai piloni con viti o chiodi. D, D, sono le ruote E, E gli assili legati alle bande F, F; H, H sono le casse di ferro contenenti le merci, sospese agli assili colle caviechie I, I, I, I. Una catena K è attaccata ad uno degli assili ed alla cassa in un punto K. All'estremità della catena K è un anello ove si attacca la corda dell'attiraglio o si fa andare una serie di carri attaccati con catene agli assili. — Questa descrizione è quella del carro più semplice; ma si può variarne a piacere la forma secondo la natura delle merci da trasportare. Le sole condizioni da adempiere sono l'inflessibilità dei pezzi che legano le casse e l'invariabilità della verticale del centro di gravità che deve sempre passare sulla superficie delle bande. — Se una delle casse fosse piena e l'altra vuota, e se la ruota si trovasse posta sopra una linea geometrica, il carro s'inclinerebbe in modo che la cassa piena urterebbe contro i piloni nel suo cammino; ma la superficie essendo larga 4 pollici, il carro inclinandosi poggia sopra un lato della barra, diminuisce il braccio di leva della cassa piena ed aumenta quello della cassa vuota in modo che la verticale del centro di gravità passa ancora sulla superficie, il che mantiene l'equilibrio. — Si è riconosciuto che senza inconveniente si può ammettere una differenza di quattrocento libbre, il che basta pei casi ordinari. Supponiamo che la superficie della banda sia piana e che le casse sieno cariche egualmente, le ruote allora poggiano più sopra una parte che sull'altra: si previene tale inconveniente con due mezzi, la scelta de' quali è determinata dalle circostanze; si dà alla superficie della banda una forma convessa cilindrica o in arco di cerchio alto un sedicesimo di pollice di altezza, e si fa la ruota concava con una curvatura perfettamente simile; in questo caso quando una differenza di peso fa inclinare la vettura le ruote poggiano ancora egualmente e verticalmente sulla banda. — Siccome la curvatura della banda

aumenta alquanto, benchè pochissimo, l'attrito, ho fatto la bande piane o ho dato alla vettura una forma tale che quando i carichi sono ineguali, ed essa è inclinata, le ruote rimangano verticali con che è conservato l'equilibrio; ma conviene allora che le ruote sieno armate di rialzi per seguire o non abbandonare le bande. La più picciola imperfezione sia nelle bande, sia nelle ruote produce un attrito considerevole ed una resistenza maggiore di quella del primo caso ove la superficie delle bande è curva, ciò che mi ha determinato a seguire il primo metodo. — Si obbietterà forse che la corda dell'attiraglio non essendo applicata al centro di gravità una parte di forza è perduta: ciò non può negarsi; ma è provato che la differenza di resistenza di un carro carico pesante più di due tonnellate e tirato da una forza applicata al centro o ad una delle estremità, non è maggiore di mezza libbra. — Si dirà pure che è un inconveniente che il cavallo agisca ad una grande distanza; questo inconveniente sarebbe grave se la strada avesse curvature acute; ma abbiamo fatto osservare che si dovevano evitare questi difetti. Purchè il cavallo cammini nella direzione della linea, è favorevole una gran distanza del pari che per tirare i battelli nei canali. Il movimento di un cavallo essendo regolare e facendosi per scosse a ciascun passo, non produrrebbe comparativamente maggior effetto se fosse attaccato vicinissimo al battello e camminasse nella linea, mentre che ad una certa distanza la lunghezza ed il peso della corda formano un intermezzo elastico che regolarizza il movimento. — Indicherò frattanto le applicazioni del sistema alle diverse circostanze particolari che possono presentarsi nella pratica.

Del modo di caricare.

Siccome le due casse non possono esser caricate nello stesso tempo se tutti i carichi si fanno nello stesso posto, si può disporre un appoggio per sostenerne una durante l'operazione, fino a che l'altra sia egualmente piena; ma se il carico ha luogo su diversi punti si attacca a ciascuna cassa una cavicchia mobile su cui riposa durante il carico e che si leva di poi. Essendo le casse poco elevate dal suolo il carico si farà agevolmente ed a mano.

Del modo di scaricare.

Lo scarico può farsi in diverse maniere. Le figure 7 e 8 indicano il mezzo di scaricare il carbone in un battello; O è il piano inclinato su cui cade il carbone dalla cassa nel battello sottoposto; A A la linea della strada che si stende fino alla riva; P l'ultimo pilone; B l'ultima banda che si volge attorno la cavicchia P; Q, un regolo che si appoggia al piano inclinato, sostiene il carro e fissa la maggiore inclinazione. Quando la banda B è situata orizzontalmente, il carro la segue e trovasi arrestato all'estremità dalla traversa R figura 8 o dalla curva S figura 7, che ritiene la prima ruota. In questa posizione il cen-

tro di gravità ti trova situato fuori dell' asse mobile P e il peso della vettura fa vacillare il sistema. Il lato anteriore delle casse aprendosi al di fuori con cerniere, come l' indica la parte H della figura 4 e non essendo ritenute che dai ramponi figura 5, nel movimento due cavicchia fissate al piano inclinato aprendo i ramponi, il peso del carico preme i lati mobili e tutto il carbone scende in una volta. Il custode non ha che una operazione da fare, apre la chiusura che obbliga l' ultima barra della strada alla antecedente, e lo scarico si fa da sè. Un leggiero sforzo basta poi a ricondurre nella stessa posizione il carro che è diretto sul fianco della linea onde far avanzare gli altri e scaricarli anch' essi. — Quando lo scarico deve aver luogo sopra diversi punti della linea, le casse si volgono sopra un asse che le attraversa per la lunghezza e si vuotano pei fianchi. — In alcuni casi è utile render mobile il fondo onde fare lo scarico in un modo analogo.

Braccia di strade che si tagliano ad angolo retto.

I cangiamenti di direzione si operano secondo i principi adottati sulle altre strade di ferro, ma colle modificazioni determinate dal nuovo sistema. Invece di condur le vetture sulle bande mobili ad una delle estremità, girando sopra una piastra circolare, sono esse portate, una o due per volta, sopra una traversa che gira sul proprio centro. BB, CC, figure 9 e 10 rappresentano le porzioni della linea continua, e DD il braccio su cui devon' essere portati i carri. La traversa mobile caricata da un carro volge il pilone T e viene a prendere la direzione DD.

Delle braccia in generale.

Quando due linee s' incontrano ed è necessario passare da una all' altra senza interruzione o perdita di tempo, una banda mobile il cui pilone girante è nell' angolo di congiunzione prende a piacere l' uno o l' altro dei due allineamenti come vedesi nella figura 12; *k*, *l* *m*, *n* sono porzioni della grande comunicazione; OP una parte del braccio; *lo* è la traversa mobile che girando sul centro *i* può essere a piacere diretta in o od in *m*.

Incrociamento delle vetture.

Quando una via non è doppia si devono stabilire delle piazze ove i carri andando in senso contrario possano incrociarsi. Nella figura 11, *ee* è una parte di una gran linea, *ih* un braccio laterale. Nei punti *f*, *f*, si stabiliscono piloni mobili sui quali girano le bande che si volgono come si vuole in *go* ed in *h*. Le vetture andando su *gg* possono essere incrociate da quelle dirette per *fihf*; in tal caso i carri vuoti sono diretti sul ramo laterale e le vetture cariche sopra il principale.

Attraversamento delle strade.

I mezzi da impiegare per attraversar le strade dipendono dalle circostanze locali, e nella redazione dei progetti è necessario determinare i posti più convenienti. Si sceglieranno a preferenza i punti ove la strada essendo molto incassata, si possa attraversare ad un'altezza sufficiente per non nuocere al passaggio. Se la differenza di livello è troppo debole convien ricorrere ad altri mezzi; quando la strada non è molto frequentata si può adattare ad essa una porta come in U figura 10, o una doppia porta mobile sopra un pilone piantato al centro della strada. Questa porta rimarrà d'ordinario aperta se la strada principale è molto frequentata. Passando i carri su questa strada di ferro il conduttore chiuderà la barriera e l'aprirà di nuovo immediatamente dopo. L'ultima vettura potrà essere armata di una barra che movendo la serratura, la porta s'apra da sè e senza l'aiuto del conduttore. Quando una strada di ferro attraversa una via presso di una barriera questa può essere disposta in modo da servire a due oggetti. — Se il commercio sopra una strada è troppo attivo o non permette lo stabilire una porta si può costruire un ponte sopra la strada di ferro, e in generale si sceglierà per attraversare una gran via il punto ove la sua superficie è più elevata che la strada di ferro onde passar sotto la grande via ed evitare l'inconveniente del rialzarla. — Sarà del pari necessario praticar dei passaggi per la coltivazione delle proprietà attraversate, si stabiliranno bande mobili che gireranno verticalmente ad una delle estremità che saranno agevolmente levate.

Modo di passare i fiumi, i ruscelli ecc.

Quando i fiumi sono in ogni tempo guadabili basterà far più alti i piloni per conservare la linea: ma se non si possono guadare, ed hanno però poca larghezza, la strada di ferro sarà costrutta nell'anzidetta maniera, o si stabilirà pel passo dei cavalli un picciolo ponte molto più basso della strada e per conseguenza molto piu breve dei ponti comuni e quindi meno costoso. La costruzione di una strada di ferro per attraversare un gran fiume differirà secondo le circostanze; talvolta si potrebbe trar profitto da un ponte già esistente.

1.° La strada può essere stabilita sopra l'uno o l'altro lato di questo ponte.

2.° Può essere situato tanto presso da permettere che il tiro si eseguisca sul ponte;

3.° Il muro d'uno dei parapetti può essere disposto per servire di strada. — Se si è costretti a fare un ponte nuovo la spesa è molto minore che per qualunque altra specie di strada. La testa di un ponte è sufficiente aggiugnendovi un passo stretto pei cavalli da tiro. Siccome il movimento si effettua senza

considerevole attrito, il carico non agisce per così dire, che come un peso morto e non domanda che poca forza. Quando i bisogni della navigazione non esigono che il passo si tenga elevato, la spesa di tal costruzione non è punto considerevole. Un ponte sospeso può bastare a quest'uso: la catena di sospensione porterebbe il tavolato orizzontale con tiranti di ferro.

Congiunzione della strada di ferro coi canali, fiumi navigabili, grandi strade ed altre vie di ferro.

Le facilità che presenta in tal caso questo nuovo sistema, debbono essere considerate come i principali vantaggi di esso. Si è veduto che le bande della strada possono essere rese mobili e prestarsi a tutte le disposizioni. Supponiamo dapprima che la strada comunichi con un canale od altro fiume navigabile: se le merci possono essere gettate dalle casse nei battelli si farà tale operazione dietro il processo da noi descritto; se la merce è fragile si faranno avanzare i carri lungo una barra che arriva fino sopra il fiume, e si farà discendere il tutto con una grua nel battello. Le casse saranno allora disposte una presso l'altra e staccate dal rimanente del carro che si ricondurrà colle ruote sopra la strada. I diversi oggetti che non avranno bisogno di essere ritenuti nelle casse, quelli per esempio che sono già chiusi in scatole, panieri ecc., saranno tosto scaricati; talvolta basterà staccare il fondo delle casse, come nel caso che si trasportino mattoni; o lasciarvi il fondo o qualche barra, come per le ardesie; finalmente in altri casi si faranno strisciare le materie delle casse sui battelli con mezzi che dipenderanno dalla natura del carico. — Sarebbe inutile entrare in maggiori dettagli sui moltiplici mezzi da impiegare per eseguire nei diversi casi i travasamenti delle materie trasportate. — Quando una strada di ferro si incontrerà con grandi strade od altre vie di ferro, il carico dev'esser fatto nei punti ove la nostra strada di ferro è tanto più alta della strada incontrata da potervi condur sotto le vetture destinate a quest'uso e sulle quali si deporranno le casse, che si staccheranno dalle vetture elevando i carri finchè il loro piano superiore tocchi le casse; oppure si verseranno le materie contenute nelle casse aprendone il fondo, se non sono fragili. Per questi od altri mezzi analoghi una strada di ferro può essere condotta fino alle porte di una città e le merci essere trasportate nell'interno senza perdita di tempo e sovente senza scaricare e ricaricare.

NOTA

Sugli effetti che si sono manifestati nella cupola di San Pietro di Roma; sulla cupola del Panteon; sulla cupola di S. Vitale di Ravenna, e sul tempio di Diocleziano a Spalatro.

Le cause di questi effetti nella cupola di S. Pietro, Tavola LXVI, figure 1, 2 e 3, possono ridursi a 3 principali: 1.° all'abbassamento ineguale del suolo su cui si sono stabiliti i fondamenti dei quattro grossi piloni che sostengono questa cupola; 2.° al miscuglio delle diverse specie di costruzioni adoperate per eseguire tal monumento; 3.° allo sforzo laterale delle grandi cupole, la curvatura delle quali non è abbastanza acuta riguardo al peso enorme della lanterna di cui sono aggravate alla sommità; e finalmente i terremoti, le scosse dei quali hanno messo in movimento le parti già disunite dalle cause precedenti, hanno contribuito assai ad aumentare gli effetti rimarcati in questo edificio.

Dell' ineguale abbassamento del suolo.

La causa dell'ineguale cedimento del suolo certamente è stata prodotta dal modo onde Bramante stabilì i primi fondamenti dei grandi piloni; mentre invece di fare una fossa generale per conoscere la natura del suolo fece scandagliare ciascun pilone separatamente. I due piloni a sinistra entrando, ove sono le statue di santa Veronica e di sant' Andrea, sono stati fondati i primi nel 1506, e si pretende che fossero stabiliti sui fondamenti di un antico circo di Nerone. I due piloni a destra ove sono le statue di sant' Elena e di san Longino non furono stabiliti che l' anno seguente sopra un fondo nuovo, cioè in un suolo ove non vi erano stati ancora fondamenti. La situazione del terreno su cui sono stabiliti questi fondamenti esigeva straordinarie precauzioni, essendo fra due lati del monte Vaticano; in guisa che tutte le acque che da esso provengono vanno ad unirsi sotterra in quella specie di vallone. Queste precauzioni consistevano nello stabilire sul suolo ben consolidato, un massiccio generale sotto i quattro

piloni, meno un vuoto circolare nel mezzo, e nell' impedire che le acque penetrassero sotto questi fondamenti a danneggiare la murazione; perchè quando un terreno è imbevuto d'acqua è più suscettibile di compressione. Ciò avvenne alla parte del terreno sottoposto agli antichi fondamenti dei muri del circo, dei quali Bramante ha voluto servirsi. Quest' effetto è provato dall' abbassamento dei piloni di S. Andrea e di S. Veronica e da quello del grand' arco che sostengono, e vedonsi più bassi degli altri.

Al primo abbassamento del suolo si possono in parte attribuire le disunioni e screpolature che si manifestarono negli archi principali e nei piloni costrutti al tempo di Bramante, indipendentemente dalla fretta e dalla poca accuratezza con cui furono eseguite le costruzioni. Dopo la morte di Bramante, Giuliano San Gallo e Fra Giocondo fortificarono i fondamenti dei piloni con nuovi massicci di murazione ed arcate, che procurarono tutta la solidità che dopo la costruzione di un' opera si può aspettare. Ma tutte queste precauzioni non hanno potuto impedire che non avvenissero nuovi abbassamenti, come lo provano le disunioni orizzontali manifestatesi sopra i nuovi archi e rinforzi costrutti attorno ai piloni di Bramante. Gli architetti a lui successi, atterriti dagli effetti che avvenivano alle opere già eseguite, e dal peso enorme che dovevano sostenere, credettero che fosse indispensabilmente necessario aumentare le dimensioni di esse; perciocchè pensarono che l' abbassamento del suolo non fosse la sola causa di tali accidenti: in questo avevano ragione; ma non fu già per essere troppo picciole le dimensioni, bensì perchè Bramante avea negletto di costruire nel tempo stesso i piloni, le parti circostanti e le volte che dovevano controspingerli, come abbiamo già osservato.

È certissimo che se Bramante avesse preso tutte le precauzioni da noi indicate ed avesse costrutto i piloni e i grandi archi in pietra di Tivoli, le dimensioni che ad essi aveva dato erano più che bastanti a sostenere la cupola da lui progettata.

Dell' ineguale abbassamento delle costruzioni.

Sembra che Michelangelo e gli architetti che gli successero fossero più abili nell' arte di decorare che in quella di costruire, perchè non si poteva scegliere più cattiva maniera di edificare di quella che

fu adoperata per costruire il tamburo della cupola: è esso un miscuglio di costruzioni in mattone, in pietrame ed in pietra di taglio, materiali suscettibili tutti di una compressione ineguale fra loro. Questa sola differenza era capace di produrre sotto un peso così considerevole, tutti gli screpolamenti e le disunioni che vi si osservano. La parte in mattoni ed in pietrame, la quale sostiene il maggior peso, essendo soggetta ad un abbassamento maggiore di quello dei contrafforti e dei rivestimenti esteriori che sono in pietra di taglio, fu necessaria quella specie di lacerazione che le disunì. Da ciò provennero le rotture che staccano i contrafforti dal tamburo della cupola e gli screpolamenti che si vedono ad ogni lato dei contrafforti. Il corritoio circolare che si è male a proposito praticato nel massiccio della sottobase e dello stilobato ha facilitato queste lacerazioni e disunioni, come fecero le porticine rotonde che sono nella parte inferiore dei contrafforti. Per questa disposizione viziosa i contrafforti si sono trovati con due appoggi diversi; uno esteriore sopra un muro costrutto quasi tutto in pietra di taglio, suscettibile di poca compressione; l'altro interno sopra un muro in mattoni ed in pietrame, molto più aggravato e suscettibile di un grandissimo abbassamento; d'ond'è risultato che quest'ultimo avendo più dell'altro ceduto sotto il peso, si è fatta nella volta del corritoio una disunione per tutta la sua estensione, la quale si prolunga sopra tutte le porte praticate nella parte inferiore dei contrafforti.

Tutti questi effetti non hanno potuto manifestarsi che dopo un certo tempo, perchè l'abbassamento ineguale che ne è la causa precipua non ha potuto operarsi che lentissimamente a cagione della gran resistenza opposta dalla rigidezza delle parti in pietra di taglio, che non hanno cominciato a cedere se non quando lo sforzo è divenuto considerevole.

È evidente che i maggiori sforzi hanno dovuto manifestarsi alle parti più deboli; perciò nei luoghi ove il muro è indebolito dalle scale si mostrano appunto le più grandi screpolature; e non si può a meno di dire che queste scale furono malissimo collocate. Non avrebbero dovuto essere nei massicci superiori ai piloni della cupola, ma sarebbe stato meglio situarle nei massicci che sovrastano al mezzo degli archi perchè in quel luogo appunto bisognava diminuire il peso. Finalmente in luogo di praticarle nei punti d'appoggio

che sostengono le grandi coste o speroni che uniscono le due cupole, si avrebbe dovuto collocarle negl' intervalli, onde non indebolire senza necessità le parti che sostengono ed alleggerire quelle che non portano nulla.

In quanto alle disunioni che si vedono nella cupola interna e nelle grandi coste che l'uniscono all'esteriore, è certo che la causa principale deve essere attribuita all'ineguale abbassamento del muro del tamburo. A questa causa fa d'uopo aggiugnere la fretta troppo grande con cui fu costrutta questa doppia cupola, la qualità dei materiali impiegati e il modo con cui furono posti in opera. La curva di questa doppia cupola è pochissimo elevata in confronto del peso considerevole della lanterna che deve sostenere, come si è già osservato, e specialmente la curva della cupola interna. L'arco di questa volta dall'origine fino all'apertura della lanterna non dovrebb'essere più di 60 gradi come quello della cupola di Firenze, la costruzione della quale è molto migliore di quella della cupola di S. Pietro.

Nell'articolo *Teoria delle volte* dimostreremo che il peso della lanterna di una cupola non dev'esser maggiore di quello di una calotta il cui diametro sia eguale al doppio dell'arco complemento di quello che forma la curvatura della cupola, la quale deve sostenere questa lanterna. Così l'arco della cupola di S. Pietro di Roma essendo circa 70,° il suo complemento rapporto ad una mezza volta a tutto sesto sarebbe 20,° il che darebbe una calotta circolare di 40.° Ora, una simile calotta costrutta doppia come la cupola colle sue grandi coste intermedie peserebbe circa due milioni di libbre, mentre la lanterna eseguita ne pesa più di tre. Non bisogna credere però che questo sopraccarico di un milione avesse potuto produrre tutte le screpolature e disunioni che si osservano in tale edificio, se l'ineguale abbassamento di cui abbiamo parlato, non fosse avvenuto. Ma dopo che il tamburo e la cupola screpolarono, il sopraccarico della lanterna agendo sulle parti disunite ha dovuto contribuire ad aumentare gli effetti, specialmente quando è stato messo in azione dai frequenti terremoti succeduti in Roma al principio del secolo decimottavo.

L'effetto dell'ineguale abbassamento si manifesta dalle disunioni orizzontali che si vedono internamente, 1.° sopra i grandi archi che comunicano colla navata in fondo e con quella a destra; 2.° nell'al-

tezza dei pilastri che decorano l'interno del tamburo; 3.° nella parte superiore delle grandi coste che uniscono le due cupole; in quelle finalmente che sono in mezzo dell'altezza de' pilastri interni della lanterna. Tutte queste disunioni provano: 1.° che l'abbassamento è stato più considerevole all'interno che esternamente; 2.° che i fondamenti dei due primi piloni stabiliti da Bramante sui muri dell'antico circo di Nerone si sono abbassati più che gli altri due; 3.° che il pilone di santa Veronica è il più basso; 4.° che queste disunioni orizzontali indicano pure che l'abbassamento delle costrozioni interne è stato ritenuto in parte dalle costruzioni esterne e dalla consistenza propria ne' luoghi ove formano grandi masse, come nella parte inferiore, dal di sopra dei grandi archi, fin sotto le finestre del tamburo della cupola che forma un cerchio continuo. Le disunioni nell'altezza dei pilastri indicano che questa parte ha agito più liberamente perchè le finestre che ne interrompono la continuità hanno impedito il resistere per la propria consistenza; quindi le lacerazioni de' contrafforti. È certo che se il tamburo fosse stato continuo questi effetti non sarebbero stati così considerevoli; sarebbero stati anche nulli se invece di sopraccaricare la sommità della cupola con una lanterna si fosse terminata con un occhio come la volta del Panteon: l'attica avrebbe potuto opporre una maggior resistenza se non fosse stata indebolita in quattro parti dal vuoto delle scale praticate male a proposito nei siti delle grandi coste.

Le disunioni che si vedono nella parte superiore delle grandi coste che riuniscono le due cupole indicano che la volta interna si è più abbassata che l'esterna; ed è questa seconda che porta attualmente quasi tutto il peso della lanterna. Le disunioni nell'interno della lanterna sono conseguenze di tale effetto.

All'esterno si deve vedere come i vuoti delle scale sono stati dannosi alla solidità di questo edificio. Nei luoghi ove avvennero i maggiori screpolamenti, essi dividono il muro del tamburo in quattro parti che si suddividono in molte altre perchè è appunto sopra i grandi archi che sono avvenuti i maggiori abbassamenti.

La lacerazione che ha dovuto farsi, perchè si effettuasse il maggiore abbassamento all'interno, ha spinto in fuori i rivestimenti ed i contrafforti; perciò il loro strapiombo è più considerevole che all'interno ove alcune parti pendono in dentro. Lo strapiombo esteriore ha

seguito l'abbassamento dei piloni, in guisa che sopra quello di S. Longino, che è il meno abbassato, i contrafforti sono a piombo, e i contrafforti che più strapiombano sono quelli sopra il pilone di santa Veronica che è il più abbassato.

Da tutto ciò che abbiam detto risulta che fra le cause di tutti gli effetti che si sono manifestati nella cupola di S. Pietro di Roma, le prime sono veramente gli abbassamenti ineguali tanto del suolo quanto del genere di costruzione che si è adottato. Le seconde sono la disposiziona viziosa del gran corritoio circolare praticato nella sottobase, e delle quattro scale del tamburo. Le terze sono la forma della curvatura delle cupole e il troppo peso della lanterna. Le quarte i terremoti, le percosse del fulmine, e le intemperie dell'aria che col tempo distruggono gli edifici più solidi e che agiscono con più forza sopra i già difettosi. (Articolo dell'autore tratto dall' Enciclopedia Metodica, Architettura, Tomo II alla parola *Cupole*).

Essendosi già parlato del cattivo modo di rivestire i muri, ecco nelle figure A, B, C la forma e la disposizione dei rivestimenti in pietra di taglio ed in marmo proposti da Serlio per le opere in muratura di mattoni, ed ecco ciò che dice in proposito nella sua Architettura, al libro IV, Capo IX.

» Avend'io trattato di tanti e diversi ornamenti di pietra; è cosa conveniente dire come si debbiano mettere in opera, e massimamente avendosi da accompagnare pietre vive con pietre cotte; le quali cose voglion gran diligenza, ed arte: percioechè le pietre cotte sono la carne della fabbrica, e le pietre vive sono le ossa che la sostengono; le quali due cose, s'elle non saranno ben collegate insieme; in processo di tempo mancheranno: e però fatto il fondamento con quei debiti modi, che al sito si cerca, bisogna che l'avveduto architetto abbia fatto preparare, e lavorare tutte le pietre vive, ed anco le cotte, con l'altra materia per il bisogno della fabbrica, e così ad un tempo venir murando, e collegando le pietre vive con le cotte insieme. Le pietre vive fa di bisogno che entrino tanto nel muro, che quantunque non ci fosse calcina che le tenesse insieme, si possa far giudizio, che da sè stiano salde nel muro, il che facendo, le opere anderanno a qualche perpetuità: l'esempio di questo si vede qui a canto nella figura A, dove si dimostra, come si posson fare gli pog-

giuoli fuori delle finestre, senza menda alcuna, facendosi il primo ordine d'opera rustica, e se anco di opera dilicata si farà, si potrà tenere tal modo, pur che 'l primo muro sia di tal grossezza, ch' ei faccia il primo piano ai detti poggiuoli. E se basamenti o piedestalli con le colonne sopra si averanno da fare dove intervengan pietre vive e cotte, come disopra dissi, se le pietre vive non saran ben legate, ed incastrate con le cotte, come si vede nella figura segnata B, le opere non dureran molto tempo. E se le colonne saran di più pezzi; alcun di essi cioè dei minori, sarà bene che entrino più nel muro per sostenere più sicuramente gli altri. Ma se le colonne saran d'un pezzo solo voglion esser per lo meno la terza parte nel muro: ma le basi, ed i capitelli sian fatti di maniera che entrino assai più nel muro; e sopra tutto le corone, ed altre cornici, che sportano fuori del muro, converrà che entrino tanto nel muro, che la parte non lavorata sia di maggior peso, che la lavorata, acciocchè da sè queste cose possin stare in opera senza altro sostegno. Ma se per carestia di pietre, e per la gran spesa dei marmi, e d' altre pietre fine, si vorrà vestire alcuna facciata, o pariete; sarà necessario che 'l prudente architetto, prima che incominci a murare sopra terra; abbia fatto preparar tutte le pietre vive e lavorate insieme con le altre materie per tal bisogno, e così venir murando, e collegando le pietre vive con le cotte. Dico che alcuni pezzi sarà necessario che entrino tanto nel muro che sostenghino gli altri pezzi sottili per virtù di alcuni incastri a coda di rondena, o di gazza, acciocchè per alcun tempo non possino uscir fuori degli altri: le quali cose bisogna venir ponendo in opera mentre che si fa il muro di pietra cotta, per rispetto degli incastri sopradetti. Ma perchè il muro di pietra cotta non venga calando, che calando si frangeriano le pietre vive oppresse dal peso di sopra; bisognerà che di pietre cotte ben squadrate, e di buonissima calcina ritratta sia fatto il muro, e fra le pietre sia poca calcina e ben collocate l' una sopra l' altra, e sopra il tutto queste tali opere non vogliono esser fatte con violenza, nè col giugner peso sopra peso così tosto, ma sian lassati posare alquanto di corso in corso: perchè se con prestezza si vorrà fare, ponendovi peso sopra, certa cosa è che il muro calerà alquanto, e le pietre non potendo regger il peso, si frangeranno. Ma se di tempo in tempo tali opere si verranno fabbricando, le cose resteran ne' suoi ter-

mini: nondimeno io loderò sempre più le opere collegate tutte nei muri, che le investigioni, o incrostazioni, che dirle vogliamo; e massimamente nelle facciate di fuori che a questo modo non si devrian far per mio avviso, perciocchè quei pochi edifici, che furon fatti dagli antichi, coperti di marmi, ed altre pietre fine; si veggon oggidì senza la scorza, dove è restato solo la massa delle pietre cotte, ed anco consumate dagli anni. Ma quelli edifici, ove le pietre vive sono legate con le pietre cotte, si veggon oggidì ancora in essere: nondimeno se pur tali opere si vorran fare, questa mi par la via più aicura, benchè alcuni Architetti in diversi luoghi d'Italia han fatte alcune fabbriche di muro semplice, lassandovi i luoghi delle pietre vive e da lì ad un tempo poi ci han posto li suoi ornamenti; tuttavia per non esser tai cose ben legate nei muri; ma quasi attaccate con la colla, si vede in molti luoghi esser caduti dei pezzi, ed ogni giorno minacciar ruina ».

Serlio parla in questo luogo delle diverse specie di rivestimenti, da architetto, il cui giudizio si è formato nella pratica dell'arte sua: questo passo è una vera lezione sulle costruzioni di tal genere. Si potrebbe soltanto obbiettare circa i tagli ad ugnatura che servono a ritenere i pezzi di rivestimento, che sarebbe forse più conveniente praticarli sui lati delle pietre murate che sui loro letti. In quanto ai rivestimenti d'impiallacciatura, benchè ne biasimi a ragione l'impiego nella decorazione degli edifici, lo stato di nudità in cui si vedono i monumenti antichi che ne erano ricoperti non presterebbe qui che un debole appoggio alla sua opinione, perocchè la violenza più che ogni altra causa ha contribuito alla distruzione di essi.

Rivestimento dell' attica interiore del Panteon di Roma.

Il merito delle costruzioni romane non è mai stato apprezzato quanto nelle magnifiche opere di G. B. e F. Piranesi. Questi abili artisti, furono i primi che nello studiare i processi dell'Arte di Edificare abbiano avuto lo stesso zelo e lo stesso entusiasmo che altri hanno esaurito sulla modanatura degli ordini antichi. L'illustrazione che questa parte interessante dell'architettura ha ricevuto dai loro talenti non è il minor titolo che si acquistarono alla stima della posterità.

I dettagli che qui diamo, figure 7, 8, 9 e 10, della disposizione dei marmi che formavano un tempo l'attica del Panteon di Roma sono presi dall' opera pubblicata dagli stessi su tale monumento. Dopo tutto ciò che nel Libro IV, Sezione 2.ª, si è detto di esso parlando delle costruzioni antiche, la vista sola delle figure può bastare per offrire una perfetta intelligenza dei processi adoperati per tener ferma questa decorazione di rivestimenti. È da osservarsi che le fascie di marmo erano appoggiate a strati di malta più o meno grossi, il che dava maggior solidità all' opera e doveva renderne più difficile la posatura; ma forse i mattoni gettati qua e là nella malta, figura 10, avevano per iscopo il facilitare tale manualità. Indipendentemente poi dalla malta su cui erano appoggiati, tutti i pezzi erano anche trattenuti da ramponi di bronzo assai spessi.

Cupola di S. Vitale a Ravenna.

Questa cupola, figure 3, 4, 5, 6 e 7, Tavola LXIX, che si crede più antica di quella di Santa Sofia, è singolare pel modo con cui è costrutta: la sua pianta è un ottagono regolare ed è sostenuta da otto piloni collocati agli angoli. Fra questi piloni sono sette grandi nicchie estremamente elevate e divise in due piani. Il fondo di esse è traforato, con colonne, come in quella di Santa Sofia. L'ottavo lato dell' ottagono è traforato da una grande arcata che dà accesso al santuario; quest' arcata è dello stesso diametro e della stessa altezza delle nicchie. La parte di muro al disopra, che è senza aperture, sostiene una volta emisferica o cupola, la cui pianta è un cerchio inscritto in tale ottagono regolare. La base circolare di questa volta non è terminata da pennacchi come quella di Santa Sofia; ma lo sporto degli angoli è sostenuto da archi. La base della volta che è costrutta in muratura ordinaria, è aperta da otto finestre divise in due parti da una colonnetta che sostiene due picciole arcate. La cupola o volta emisferica è formata da un doppio rango di piccioli tubi di terra cotta lunghi 7 pollici con 2 di diametro; ciascun tubo è aperto in un capo, e nell' altro termina in punta; sono essi posati orizzontalmente in modo che la punta di uno entra nell' apertura dell' altro; questa disposizione non forma già i ranghi paralelli, anzi potrebbesi dire che la cupola non è fatta che di un rango solo, essendo una doppia spirale che co-

mincia sopra gli archi delle finestre e termina alla chiave. I cordoni che si dovrebbero formare da questa specie di spirale non appariscono nè all' interno nè esternamente, perchè la volta è ricoperta da uno strato di malta. Per fortificare i reni di questa cupola, si è fatta sopra gli archi delle finestre che sono sotto la volta, una muratura con urne in terra cotta. Queste urne hanno 22 pollici di altezza ed 8 di diametro; sono terminate in punta inferiormente con incavature a vite che sembrano state fatte per dar più presa alla malta. All' altezza del fondo di queste urne v' è un picciol foro che vi si era fatto probabilmente per levare il liquido che potevano contenere; il che prova che questi vasi non erano fabbricati espressamente. La bocca od apertura superiore di essi ha circa 3 pollici e mezzo di diametro, con due manichi posti alquanto sotto. A Ravenna presso il signor Camillo Morigia vedesi una di queste urne che fu levata accomodando la volta.

A Ravenna esistono molti altri edifici le cui volte sono costrutte come tal cupola, e fra gli altri quella del Battisterio di Santa Maria in Cosmedin. La cupola della gran nicchia dell' antica metropolitana, che è stata demolita per costruire la nuova, era fatta nello stesso modo.

Questo metodo di costruire le volte per renderle più leggiere, fu conosciuto dagli antichi Romani. Nella rotonda di santo Stefano, che si crede un antico tempio di Fauno eretto dall'Imperatore Claudio, si vedono gli avanzi di volte di tubi; ma invece di essere posti orizzontalmente, sono eretti e formano archi verticali posati gli uni presso gli altri. Circa le grandi urne, esistono molti avanzi di edifici antichi a Roma e ne' contorni ove s' impiegarono grandi vasi per empiere i reni delle volte. Se ne vede nel circo di Caracalla e nel sepolcro di Sant' Elena, figure 6, 7, C, C.

La cupola di San Vitale non apparisce all' esterno, essendo coperta da un tetto di legname molto abbassato e coverto di tegole.

Disposizione delle opere in mattoni nella cupola del Panteon di Roma.

Lo studio dei monumenti antichi di Roma ci è sempre sembrato il più utile e proficuo per l' architettura, tanto sotto il rapporto del-

l' arte propriamente detta, quanto sotto quello dell'Arte di edificare. Non era nel piano di quest' opera lo sviluppare le numerose considerazioni che vengono in appoggio di questa asserzione osservata sotto il primo punto di vista; la prova della seconda proposizione ci sembra risultare invincibilmente da tutto ciò che è stato detto a tale riguardo nel corso di quest' opera e dalla veduta dei principali esempi ne' quali si fonda quest' importante verità. Di tutte le lezioni che possa un architetto raccogliere fra le ruine di Roma una ve n'ha poco pregiata fin ora, e che sembra dovesse dar luogo alle più profunde meditazioni; ed è quella che risulta dall' osservare la condotta tenuta per eseguire i lavori, nella quale è facile riconoscere che la costruzione e la decorazione dei più grandi edifici sono state trattate in un modo distinto e quasi indipendente l'una dall' altra. A questa distinzione ingegnosa è d' uopo attribuire la saggia disposizione delle loro piante; e quindi quelle apparenze dimostrative della costruzione che senz' aggiugnere il più delle volte alla solidità dell' opera (come abbiam detto altrove) non avevano forse altro scopo che prevenire le inquietudini dell' animo prodotte dall' immagine delle più potenti combinazioni. Queste disposizioni di decorazione, ora apparenti in tutte le costruzioni romane, si trovano sotto gl' intonachi ed i rivestimenti ond'erano ricoperti i muri interni e la volta del Panteon di Roma, figura 8.

Tempio ottagono periptero nel palazzo di Diocleziano a Spalatro.

» Visconti si maraviglia a ragione che questo tempio periptero, figu-
» re 9 e 10, si supponga essere stato dedicato a Giove; non si vede infatti
» in che sia fondata tale opinione. Il soprannome di *Jovius* che pren-
» deva Diocleziano, come il suo collega Massimiano prendeva quel-
» lo di *Herculius*, forse la può aver fatta nascere: frattanto, i
» bassi-rilievi di cui era ornato il fregio interiore rappresentanti genii
» cacciatori, ed i busti de' modiglioni che sorgono fra essi, farebbero
» piuttosto sospettare che questo tempio corintio fosse dedicato a
» Diana ».

» Del resto le proporzioni di questo monumento sono grandi; la
» sua elevazione esteriore, partendo dal pavimento della galleria che

» lo circonda, fino all'origine del tetto, è 53 piedi e 6 pollici (metri 17, 378) e piedi 63 (metri 20, 465) comprendendovi la sotto-base del colonnato di questa stessa galleria: ciascuna faccia dell'ottagono è 25 piedi e 6 pollici (metri 8, 283) pel corpo interno del fabbricato, e 35 piedi e 6 pollici (metri 11, 531) per la galleria esteriore; l'altezza delle colonne, compresa la base e il capitello, è piedi 19 (metri 6, 172) sopra 2 di grossezza (metri 0, 650), il loro zoccolo è 2 piedi (metri 0, 650) e la trabeazione 7 piedi (metri 2, 274): essa pure era coronata di statue più grandi del naturale, ma non esistono più. L'elevazione del tetto ottagono che ricopriva la volta della cupola interiore era 22 piedi (metri 7, 146), ciò che dava a tutto l'edificio, dal suolo fino alla sommità del tetto, un'elevazione di 85 piedi (metri 27, 611) ».

» La forma interiore di questo monumento è circolare e presenta una bella rotonda il cui diametro è 42 piedi (metri 13, 643): la sua elevazione dal suolo fino all'origine della volta è 45 piedi (metri 14,618), non compresa l'elevazione della cupola: otto colonne corintie di 24 piedi (metri 7, 796) sostengono una trabeazione, l'architrave della quale, il fregio e la cornice sono oltremodo ricchi di ornamenti di scultura; e questa trabeazione stessa porta un second'ordine composito più addentrato, sul quale poggia la curvatura della volta. Queste colonne composite hanno 22 piedi (metri 7,146), compreso il capitello. La volta tutta di mattoni D è ben conservata e si riconosce ancora in qualche parte lo smalto o lo stucco di cui era coperta, e sul quale dovevano essere al certo alcune pitture o freschi: otto nicchie, quattro quadrate e quattro semicircolari, sormontate da arcate con imposte sono praticate nello spessore dei muri intorno alla rotonda ». (*Estratto del Viaggio Pittorico dell'Istria e della Dalmazia, di L. F. Cassas. Parigi* 1802).

La disposizione dei mattoni formanti la superficie interiore della volta di questo monumento, presenta una combinazione che risulta più assai dalla ricercatezza di una vana decorazione che da alcun dato sulla più conveniente disposizione dei materiali per questa specie di lavori. Ciò puossi chiamare come dicesi in termine di pratica un capo d'opera di manualità. Quest'esempio serve a sostenere ciò che prima abbiam detto circa la divisione dei lavori, nel-

le costruzioni antiche. Questa volta era ricoperta d'un intonaco di stucco, alcune parti del quale sussistono ancora, in guisa che questi disegni bizzarri dovevano essere nascosti; ma infine erano stati ammirati, e fors'anche l'operaio aveva creduto che un giorno il risultato della sua destrezza sarebbe l'unico ornamento della volta, ciò che fu a dovizia giustificato dall'avvenimento.

Particolarità di costruzione tratta dall' interno del tempio dell' Onore e della Virtù, ora Sant' Urbano alla Caffarella.

L'interno di questo monumento, figura 11, costrutto interamente di mattoni, era altre volte rivestito d'intonachi o stucchi esistenti ancora sulla volta, ma i cui muri sono spogli del tutto. Questo stato di nudità permette di osservare la costruzione singolare degli architravi figurati sopra i pilastri corintii dell' attica. Benchè questo dettaglio sia pochissimo importante per sè stesso, vi si trova nondimeno una nuova occasione di ammirare quel discernimento squisito col quale gli antichi Romani sapevano valutare la forza dei mezzi onde potevano disporre (1). Una piattabanda in mattoni di quella estensione avrebbe difficilmente conservato la sua rettitudine per la compressione della malta, ma col mezzo di un somiere di pietra fortemente chiuso nel mu-

(1) Gli artifici per impiegare nel miglior modo i materiali ed ottenere la massima solidità possibile in una data circostanza si veggono certamente più assai negli antichi che nei moderni prodotti dell' Arte di Edificare. Nondimeno anche nei fabbricati moderni si trovano talvolta esempi di grande accuratezza nella costruzione, ed ingegnosi modi foggiare e disporre i materiali laterizii. Citeremo fra poco la scrupolosa diligenza degli avi nostri nell' eseguire i muri e le volte in mattoni negli edifici chiamati gotici, e parleremo altresì di una costruzione insigne tutta di mattoni, osservabile per la grandiosità delle forme e per la bellezza del disegno, ma più ammirabile ancora per le proporzioni delle masse e per l' ardimentosa volta che copre l'unica navata, cioè del tempio di S. Andrea in Mantova, architettato da Leon Battista Alberti; opera che sebbene non molto celebrata dagli scrittori è nondimeno da collocarsi fra le più cospicue chiese d' Italia.

ro, stabilirono un nuovo punto d'appoggio in mezzo allo spazio, e formando così due piattabande invece di una, ridussero a giuste dimensioni l'estensione che deve darsi a questa specie di lavori.

Esistono a Roma molti altri esempi di apparecchi dello stesso genere e segnatamente nel portico di Filippo, del quale vedonsi le ruine presso la chiesa di *Santa Maria in Calcaberis.*

NOTA

Sui dettagli della Tavola LXX.

La figura 1 rappresenta una facciata di legno empiuta di smalto, con panconcelli ad intervalli e ricoperta da opera d'intonacato.

La figura 2 indica una facciata di legno vuota, rivestita senza interstizi da una parte e dall'altra e coperta pure d'intonaco.

La figura *a* indica una cazzuola da muratore, *b* una spatola, *c* un raschiatoio; *d* un martello tagliente; *e* uno sparviere per il gesso, per lo stucco, ed il bianco di borra.

La figura 3 esprime una cornice di gesso o di stucco, colla sagoma o calibro *k* unito ad un pezzo *m*; *n* indica il regolo sul quale scorre la sagoma, sostenuto dagli appoggi *p* e *q*; *c*, *r* indicano le braccia o ale per tenerlo fermo; *f* esprime uno sparviere e *g* la cazzuola degli stuccatori.

Le figure 4, 5 e 6 riferiscono a quella parte del testo ove si parla dei muri doppi: E indica il muro principale; D il doppio muro col suo intonaco; A l'isolamento ed il canale; F il massiccio dell'area.

La figura 4 indica il muro veduto di fronte, la figura 5 lo mostra in profilo e la figura 6 ne dà la pianta.

Le figure 7, 8 e 9 si riferiscono a quella parte del testo ove si parla della stufa di Pompeia e delle *tegulæ mammatæ*.

A indica il canale, B i piccioli piloni o sostegni, C i grandi mattoni; D la tramezza di tegole mammate, senza intonaco e veduta in pianta e nell'alzata; E la stessa tramezza ricoperta d'intonaco, nell'alzata e nel profilo.

Le figure 10 ed 11 rappresentano una tegola mammata veduta nella parte inferiore e nella superiore.

» La figura 12 presenta un mattone impiegato nelle piattabande formanti gli architravi delle porte laterali nella facciata della chiesa di S. Andrea di Mantova. Questi mattoni rappresentati da *a* nella loro parete più larga hanno sulla metà una parte sporgente e rien-

trante alternativamente, e sono posati in opera come sono espressi nella figura *a*, in modo che uno sostiene l' altro; e quando le spalle sono sufficientemente resistenti, non puossi alterare la linea retta dopo che è finita la piattabanda, a meno che non si franga qualche mattone. La parte piana è una superficie continua, come lo indica *b*, che rappresenta la grossezza del mattone stesso. Questa conformazione fa sì che i ranghi di mattoni sono tutti slegati fra loro e non presentano tutti i vantaggi che da tale imitaziona delle piattabande di pietra si poteva aspettare. Difatti se i mattoni fossero conformati in guisa che anche la parte larga avesse uno sporto, cioè fosse metà rialzata e metà depressa col rialzo dalla parte opposta, onde presentasse il profilo *b'*, allora i ranghi dei mattoni si collegherebbero fra loro nel modo stesso che si sostengono i mattoni formanti i cunei nella piattabanda di un sol rango. Forse la spesa maggiore nella fabbricazione di tali mattoni e la maggiore difficoltà di metterli in opera avrebbero aumentato di tanto il costo della costruzione da indurre l'architetto ad abbandonare il pensiero; e fa d'uopo credere che qualche possente ragione lo abbia distolto, perocchè non è credibile che chi ebbe l'ingegno d'imitare così felicemente i cunei delle piattabande di pietra, e specialmente quella di una porta del palazzo di Diocleziano a Spalatro, non avesse compiuto e dato il maggior vantaggio alla imitazione, se riguardi di economia od altra causa non l'avessero trattenuto ».

NOTA DEL TRADUTTORE

Dovendo dir qualche cosa delle opere muratorie e specialmente delle strutture murali non saprei far meglio che riportare ciò che ne dice il chiaro commentatore del Vitruvio edito dalla Società di Udine nella sua Giunta III al libro secondo.

« È fuor di dubbio che gli antichi preferirono ben volentieri l'uso dei mattoni a quello delle pietre: ed io penso, che la necessità e la mancanza delle » cose abbiano indotto gli uomini ad erigere fabbriche lateriaie, e che dall'os» servare poi quanto quel genere di costruzione riesca facile nell'eseguirsi, » comodo ai bisogni, grazioso all'aspetto, saldo e durevole eternamente, ab» biano continuato ad impiegarlo non solo nelle comuni abitazioni, ma benan» che nei palazzi dei re. Ed avendo finalmente conosciuto, o dal caso o per » forza di ragionamento, come il fuoco giovasse a consolidar quei mattoni, si » perseverò dovunque ad erigere gli edifizi di cotto. E da quanto osservai nelle » antichissime costruzioni, oso dire, che per qualunque fabbrica, qualunque » sia l'uso, cui si voglia destinare, nulla può trovarsi più adatto dei mattoni » cotti, quando nel formarli e nel cuocerli si adoperi tutta la necessaria dili» genza. Così parla Leon Battista Alberti nel suo Lib. II, e le sue parole, mo» strando di qual importanza sieno questi materiali, fanno conoscere ad un » tempo, che somma dev'essere la cura nel procurarli.

» Noi pertanto, ritenendo essere stato detto da Vitruvio ciò che basta in» torno alla formazione dei mattoni erudi disseccati all'aria, raccoglieremo per » quanto sia possibile ciò che riguarda alla formazione dei mattoni cotti, l'uso » dei quali rimonta ad un'epoca antichissima, come si ha dalle storie e dai » monumenti che tuttora sussistono, per cui veggiamo che le mura della stessa » Babilonia e la maggior parte delle fabbriche d'Egitto, dell'Asia, di Grecia o » di Roma erano di questa specie di costruzione.

» La terra atta a formare queste pietre artificiali è l'argilla, la quale sa» rà tanto migliore quant'è più pura, cioè quanto maggiore sarà rispetto alla sua » massa la quantità dell'allumina che ne forma la base. Taluni seguendo Vi» truvio dissero che è da preferirsi la biancastra o la grigia, altri la rossa e » la bruna, ma dappoichè si conobbe che il colore più o meno oscuro non di» pende dalla qualità della terra, ma bensì dalla ossidazione delle particelle me» talliche, che in maggiore o minor quantità vi si trovano frammiste, non si » pose mente, che alla pastosità della terra stessa, la quale deriva dall'estrema » divisione delle sue parti e dei suoi sali che ne sono il glutine, e dalla quale » dipende la buona riuscita dei mattoni. Si deve quindi cercare che sia priva » di molecole calcari a silicee, perchè convertendosi le une in calce e le altre

» vetrificandosi, sottoposte che vengano all'azione del fuoco, lasciano nei matto-
» ni dei vuoti che riescono di grave danno assorbendo l'acqua.

» Nè sapremmo noi sottoscrivere all'opinione di coloro che asseriscon es-
» sere quella terra argillosa, la quale contiene particelle silicee, meno soggetta
» a screpolarsi al sole ed al fuoco, di quella che ne è affatto priva. Chè se
» l'esperienza induce ad essere di tale avviso, conviene però cercarne la vera
» cagione, specialmente quando un fatto si vede riescire ad un altro contrad-
» dittorio. E vaglia il vero. Ciascuno conviene che ottima pei mattoni è quel-
» l'argilla, nella quale estrema sia la divisione delle sue particelle, onde riesca
» della massima pastosità; ora questa non può essere certamente aumentata, ma
» bensì diminuita dalle molecole silicee, che vi s'interponessero, le quali hanno
» una tal coesione che sempre conservano un sensibile volume. Dunque se si
» vuole la pastosità tanto ricercata non si deve frammischiare la selce, nè lo
» si deve affinchè nella cottura si ottenga una uniformità in tutta la massa.

» La causa poi del meno screpolarsi che ai giorni nostri fa l'argilla fram-
» mista a un po' di sabbia, non proviene a nostro credere perchè il composto
» di tal mistione risulti più proprio, ma dal difetto di non maneggiare l'ar-
» gilla pura. Stantechè ripeteremo, che la buona riuscita dei mattoni dipende
» dalla pastosità dell'argilla, pastosità che difficilmente si trova in natura, es-
» sendo questa terra il risultato delle deposizioni delle acque, e quindi formata
» di sottilissimi strati, i quali si possono vedere appunto nell'argilla non an-
» cor maneggiata che si lascia disseccare all'aria: quindi fa di mestieri mani-
» polarla con quella stessa cura che si prende per incorporare la sabbia con la
» calce. Ora frammischiando l'arena all'argilla conviene di necessità manipo-
» larla perchè vi s'incorpori; manipolandola riesce più pastosa; quindi la sua
» miglior riuscita si attribuisce ai principi che la compongono, quando invece
» non dipende che da una semplice meccanica operazione.

» Ed appunto dal trascurar che si fa quell'operazione meccanica risulta la
» minor consistenza dei nostri mattoni in confronto degli antichi; poichè estratta
» l'argilla poco o nulla si maneggia prima di ridurla alla forma determinata.
» Ma quelli che ci lasciarono edifizi, i quali contano secoli e secoli, la mace-
» ravano, anzi sembra che la stemprassero, e poscia la facessero passare per
» uno staccio onde togliervi tutte le parti eterogenee, e così depurata la ridu-
» cevano siccome una pasta, come si può vedere nei mattoni che si ricavano
» dalle loro fabbriche, i quali spezzati presentano in tutta la loro massa una
» sorprendente continuità, come se risultassero da una sostanza farinacea (1).
» Ma quelli medesimi che amano di frammischiare l'arena all'argilla accorda-

(1) Questo fu osservato anche recentemente in Padova negli scavi dell'aia, su cui fu eretta la fabbrica Pedrocchi, nella ricostruzione del Ponte denominato dei Molini, nelle circostanti terme Euganee di S. Pietro Montagnon, di monte Grotto, ed in altri luoghi, dal nostro amico l'ingegnere Bortolo D. Franceschini, dalle cui molte cognizioni nella parte pratica degli edifizi traemmo non poche volte profitto.

» no poi col fatto nella nostra opinione, quando nella formazion delle tegole, » le quali non sono che mattoni ridotti all'ultima perfezione, proibiscono asso» lutamente quel miscuglio.

» Per conoscere poi praticamente l'argilla che meglio si presta a questo » uopo, si osservi se è cedevole a qualunque impressione che in essa formisi, » se inumidita si attacca ai corpi, e se attaccata vi si richiede una forza no» tabile per distaccarla. Ma la miglior esperienza, dice il Milizia, è quella di » far un mattone o di osservarne il successo.

» Trovata adunque la terra che si giudica atta a questa operazione, sarà » prudente consiglio l'estrarla nel tempo autunnale, o lasciarla tutto l'inverno » susseguente esposta alle intemperie, poichè assorbendo avidamente l'acqua » dalle pioggie, indi gelandosi ed aumentando di volume, poi disgelandosi, al » sopraggiungere della primavera, le particelle quasi da per loro si rimescolano, » e la massa tutta si dispone più facilmente a ricevere quella uniformità che » si richiede. Quando poi sia così preparata, conviene stenderla a strati di non » molta grossezza, umettarla con acqua, indi stemprarla coi piedi o con gli » stromenti, rivoltarla e rimescolarla più volte, finchè sia precisamente ridotta » quasi una pasta tutta omogenea: dopo di che la si pone entro le forme pre» parate a tal uopo e bene impolverate di sabbia secca, affinchè la pasta non » vi si attacchi, riempiendole interamente con premervi o spianarvi la materia » introdotta.

» Queste forme possono avere qualunque figura, o la parallelepipeda ret» tangola, o la prismatica triangolare, o quella di un settore circolare, o quella » che migliore fosse all'uopo. La forma prismatica triangolare è utile in molte » occasioni, e gli antichi la usavano specialmente nelle fabbriche curve; quella » a guisa di settore serve benissimo per costruire colonne quando non si possa » o non si voglia formarle di pietra. Ma la più usitata è la parallelepipeda » rettangola, che presso gli antichi aveva diverse dimensioni, come si ha da » Vitruvio, e come si vede dagli avanzi rimastici. Ora però la lunghezza di » queste forme è di circa metri 0.25, la cui metà si dà alla larghezza, e la » metà di questa all'altezza; dimensioni che vennero così stabilite sulla per» suasione che i mattoni riescano più facili a maneggiarsi.

» Dopo che la pasta entro alle forme siasi alquanto assodata, la si rove» scia sopra un suolo asciutto, riparato dal sole, ben levigato ed orizzontale » il più che sia possibile, affinchè in caso diverso i mattoni adattandosi sul » piano su cui si collocano non riescano di una grossezza non uniforme. Que» sto si deve fare in una stagione, in cui non si temano pel corso di cinque » o sei giorni pioggie dirotte; dopo il qual tempo consolidatisi maggiormente » si dispongono sopra alcuni piccioli argini in coltello gli uni sugli altri, di » modo però che vi rimangano sensibili interstizi, pei quali possa campeggiar» vi l'aria; indi vi si forma superiormente un tetto di tavole o di paglia onde » non vengano danneggiati dalle intemperie. E così si lascieranno finchè sieno

» ben disseccati. A questo disseccamento fissano taluni, come fece Vitruvio pei
» mattoni crudi, il corso di due anni; ma non è facile l'assegnar precisamen-
» te il tempo necessario ad essiccar bene i mattoni, dovendo aver riguardo alla
» qualità della terra, alla plaga, al clima, e si osservò che talvolta un solo mese
» fu sufficiente a questa operazione naturale. Il vero modo per tanto di assi-
» curarsi se i mattoni siano perfettamente secchi, sarà quello di spezzarne due
» o tre, o di ben esaminare se il loro interno corrisponde all' esterno.

» Nè si creda che il far disseccare perfettamente i mattoni prima di cuo-
» cerli sia cosa di poco momento, poichè oltre all' economia del combustibile
» che con ciò si ottiene, si evita il grave inconveniente del torcersi che fareb-
» bero al fuoco se fossero meno asciutti, e dello spezzarsi violentemente all' at-
» to che si sviluppano i vapori interni.

» Così ridotti che sieno, si pongano nella fornace ben ordinati di taglio,
» ed in modo che la fiamma possa liberamente serpeggiare fra di essi; e vi si
» lascino finchè sieno ben cotti. Taluni prescrivono che alla cottura dei mat-
» toni è necessario un fuoco continuo pel corso di 48 ore; altri invece con-
» siderano siccome impossibile il precisar questo tempo dovendo, dicono essi,
» aver riguardo alla grandezza, forma ed esposizione della fornace, alla stagio-
» ne ed alla qualità delle legna. A noi sembra però, che altre siano le osser-
» vazioni da farsi, e che la sperienza possa facilmente intorno a ciò stabilire
» norme sicure; due soli essendo i dati principali che si devono mettere a cal-
» colo, cioè il grado di calore e la grossezza dei mattoni, non potendo tutte
» le altre circostanze aver peso sennonchè sotto l'aspetto economico.

» La sola che potrebbe offrire qualche variazione sarebbe la qualità della
» terra; ma siccome la più resistente al fuoco fra le argille è la più pura, co-
» sì istituita la sperienza su questa si avrà il massimo del tempo necessario
» alla cottura dei mattoni. Nè può muoversi dubbio su questo, essendo per sè
» stesso evidente che una determinata qualità di terra ridotta ad una determi-
» nata grossezza sotto un determinato grado costante di calore deve cuocersi
» in un tempo determinato.

» I fornaciai usano per la maggior parte di costruire le loro fornaci a tre
» piani ponendovi nella parte inferiore pietre da far calce, nell'intermedia i
» mattoni, nella superiore le tegole o gli embrici; disposizione che va a se-
» conda del grado di calore necessario a cuocere questi diversi materiali, giac-
» chè quelli del piano superiore non si riscaldano pienamente che circa due
» giorni dopo che fu accesa la fornace. Si ottiene così un sensibilissimo rispar-
» mio nel combustibile, ed il tempo, che in questo caso ordinariamente s'im-
» piega, è di cinque o sei giorni in circa, tempo che si potrebbe determinare
» con le medesime osservazioni suindicate.

» Il segnale però che siano perfettamente cotti è quando si vede uscire
» dal colmo della fornace una fiamma tutta bella e pura di ogni vapore, che
» giugne sino all' altezza di circa quattro metri. Si usa anche talvolta dopo che

» sono cotti di lasciarli raffreddare, indi temprarli nell'acqua e ricuocerli, af-
» finchè acquistino maggior durezza, con che riescono più solidi di ogni pietra
» la più dura. Convien però avvertire che non si brucino; perchè se sono trop-
» po cotti riescono neri e spugnosi; e se lo sono poco, posti che sieno in ope-
» ra per essere teneri assorbono l'umidità, nè reggono ai pesi che loro si so-
» vrappongono, nè al gelo.

» Oltre a ciò l'Alberti vorrebbe che le superficie dei mattoni fossero le-
» vigate; ma osserva a ragione il Milizia, che questo gioverebbe nelle facce
» apparenti che restano scoperte, affinchè l'acqua non vi si intruda, nè vi si
» attacchino i semi delle piante, nè sieno soggette allo strofinamento, ma sa-
» rebbe per le facce interne contrario alla massima che li prescrive porosi ed
» aspri, perchè dovendosi smaltare per causa di quell'asprezza meglio ricevono
» lo smalto, e più stretta risulta la loro unione formandosi un tutto saldissimo
» e simile ai piloni di Caligola a Pozzuoli, che si dicono sussistere tuttora ad
» onta dell'essere continuamente percossi dalle onde del mare, solidi a segno
» che ne vengono talvolta tagliati alcuni pezzi onde porli in opera siccome pez-
» zi di marmo.

» I principali caratteri esterni che determinano all'osservatore pratico la
» buona qualità dei mattoni cotti sono: 1.° la somma coesione fra le loro mo-
» lecole, la quale avrà luogo ogni qualvolta uno di essi posto colle sue estre-
» mità sopra due fulcri sopporti un peso considerabile prima di spezzarsi;
» 2.° l'essere cotti uniformemente ed a perfezione, il che si giudica dall'acu-
» tezza ed uniformità del suono che mandano qualora vengano percossi; 3.° il
» restare inalterabili alle intemperie, qualità che si desume col lasciarli espo-
» sti tutta una stagione invernale; 4.° il rendere un suono acuto quand'anche
» sieno bagnati, la qual proprietà è forse la più decisiva, e il non dar essi il
» menomo passaggio all'acqua. Un'altra nota caratteristica poi della loro bon-
» tà, che viene da tutti annoverata siccome la più importante, è che riescano
» di un peso specifico il minore che sia possibile. Vitruvio e Plinio riferiscono
» che nell'Asia, nella Spagna, ed in altri luoghi si vedevano mattoni di un
» peso specifico minore del unità, cioè tali che galleggiavano sull'acqua; e Pos-
» sidonio riferito da Strabone attesta di essere stato di ciò testimonio oculare.
» Vitruvio attribuisce quella proprietà alla terra pomice, di cui venivano co-
» strutti. Questi mattoni si lodano sommamente, perchè essi giovano meglio
» alla solidità non facendo troppo gravi le muraglie. Ma qui ci sia permesso
» di osservare in primo luogo che non sapremmo sì facilmente dar credenza
» alla singolare leggerezza vantata da quegli antichi, perchè sarebbe stato neces-
» sario affinchè ciò potesse aver luogo, che fossero stati internamente del tutto
» vuoti; ed ora in secondo luogo che andando il peso delle muraglie tutto a
» carico del sottoposto terreno, qualora sia questo consistente per natura o re-
» so tale dall'arte, nulla può influire sulla solidità della fabbrica se anche
» viene gravato dalla muraglia di qualche migliaia di libbre in più ed in meno.

» Anzi questo è vantaggioso quando debbano regger alle spinte. Bensì questa » leggerezza sarebbe desiderabile nella formazione delle volte per diminuire » quanto più si potesse la loro spinta; sarebbe anzi da bramarsi che per simi- » le costruzione fossero formati di alga. Ma poichè non si saprebbe come far » diminuire a tal segno il loro peso specifico, per renderli almeno della mas- » sima leggerezza possibile si suole commischiare all' argilla paglie sminuzzate e » polvere di carbone, perchè queste sostanze provando per le prime l' azione » del calorico si abbruciano o fanno sì che nell'interno dei mattoni vi riman- » gano alcuni pori, d' onde ne viene la leggerezza.

» Vanno taluni classificandoli anche a seconda del loro colore; e dicono » che quelli di un rosso-giallo, i quali danno a divedere di essere poco cotti, » si dovranno adoperare nei muri al coperto, e non esposti al fuoco nè al- » l' umidità; che i rossi come più cotti s' impiegheranno nei muri che devono » avere maggior solidità e che sono allo scoperto; e che i bruni siccome cotti » al massimo grado saranno ottimi nei luoghi esposti all' umido ed al fuoco » come nei pozzi e nei cammini. Ma anche questi dati sono molto incerti, poi- » chè non sempre il colore è una conseguenza del cuocersi più o meno, e » quindi della buona qualità dei mattoni, essendovi in alcuni luoghi terre da » mattoni, i quali dopo cotti riescono biancastri, e che pure sono della mas- » sima consistenza. Dunque fa d' uopo ricercare le cause della bontà dei mat- » toni da quella delle terre di cui vengono formati.

» Finalmente si avverta che si dovrà immergerli nell' acqua, e lasciarveli per » qualche tempo prima che vengano posti in opera, onde non assorbano avi- » damente l' umidità del cemento, il quale venendosi a disseccare con troppa » rapidità non può fare la presa necessaria.

» Le tegole poi e gli embrici non altro esigono che una maggior diligen- » za nella loro formazione. Quindi si scelga l' argilla più purgata e si manipo- » li oltremodo, perchè avendo quelle minor grossezza dei mattoni, fa d' uopo » dar loro maggiore solidità. Non vi si deve poi frammischiare nè carbone pol- » verizzato, nè paglia sminuzzata, e molto meno arena, altrimenti divenendo » nel cuocersi porose, darebbero facile passaggio all' acqua, e recherebbero » grave danno al tetto e all' abitato.

» Così operando si potrà calcare lo smarrito cammino. Ognuno vede quanto » poco noi badiamo alla solidità degli edifizi in confronto degli antichi; ed » una fra le prime cause è la poca attenzione che si mette nel formare i mat- » toni, ed a ragione il Milizia si lagna della trascuratezza dei moderni nel » cercar i mezzi necessari ad ottenere eccellenti materiali, benchè si dolgano » della frequente rovina delle loro fabbriche ed inarchino le ciglia alla perpe- » tuità delle antiche; e noi con lui riteniamo che non si possa progredire in » questa parte sì importante delle costruzioni senza la vigilanza di un magi- » strato intelligente. E fa meraviglia che i governi non prendano cura di ciò » almeno per le pubbliche costruzioni, riuscendo certamente più grave all' eco-